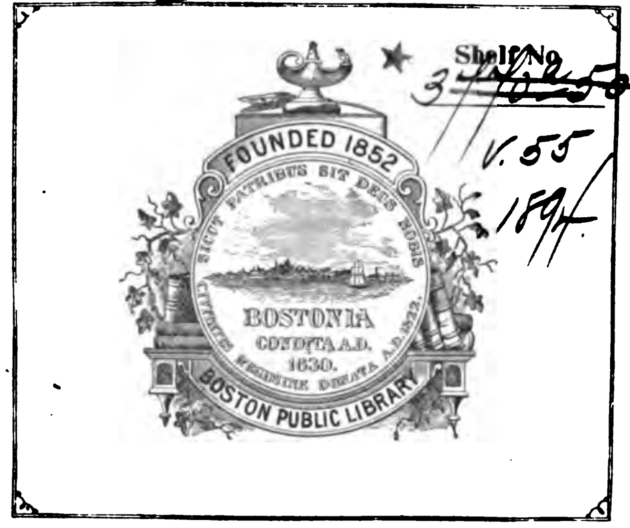
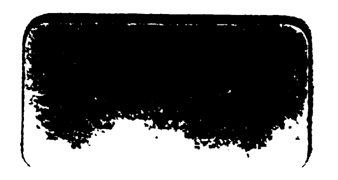

37602
50

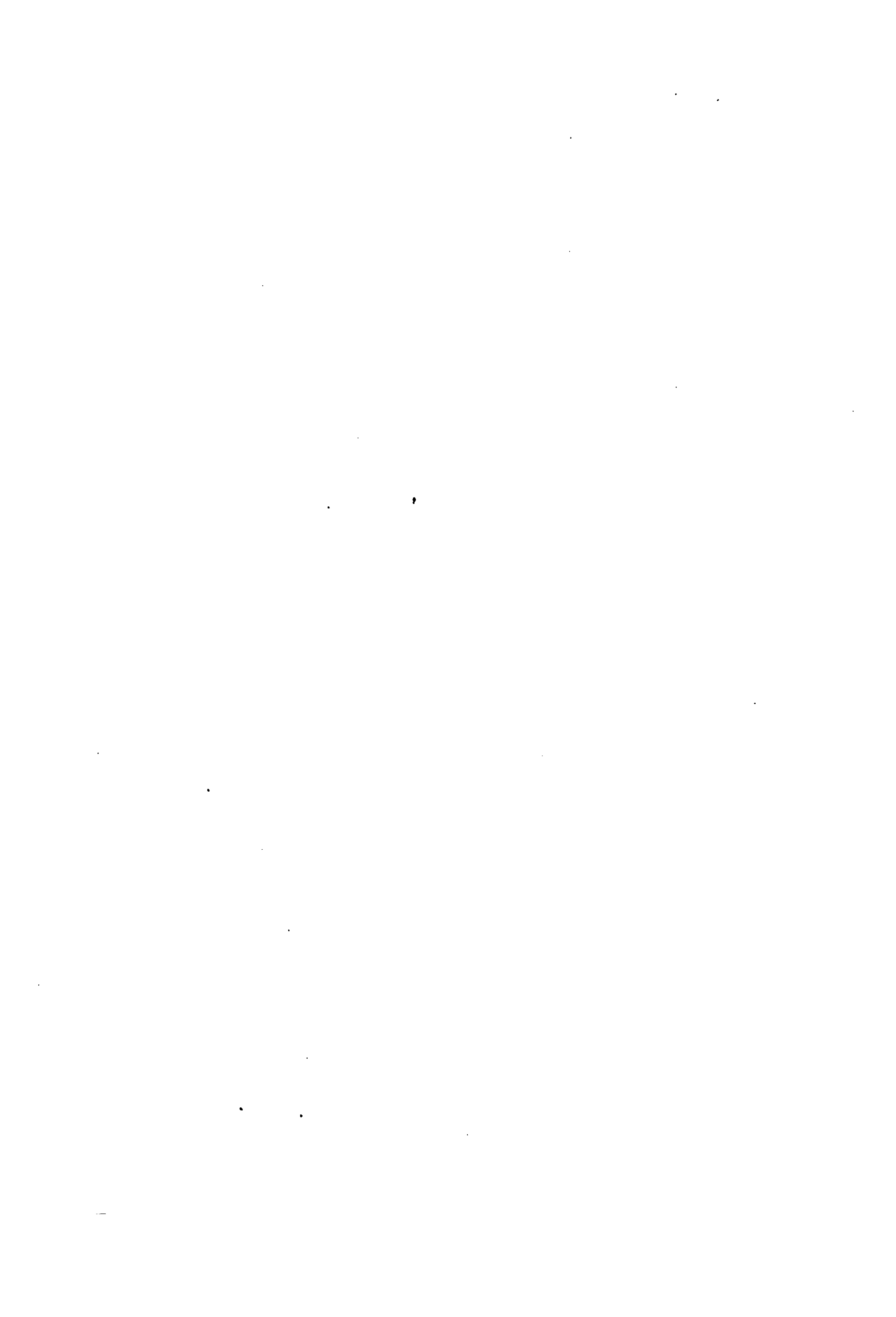

Shelf No
V. 55
1894
FOUNDED 1852
SICUT PATRIBUS SIT DEUS NOBIS
BOSTONIA
CONDITA A.D.
1630.
BOSTON PUBLIC LIBRARY



3/3

3/4





ARCHIV

FÜR DIE GESAMMTE

PHYSIOLOGIE

DES MENSCHEN UND DER THIERE.

HERAUSGEGEBEN

VON

Dr. E. F. W. PFLÜGER,

ORD. ÖFFENTL. PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT
UND DIRECTOR DES PHYSIOLOGISCHEN INSTITUTES ZU BONN.

FÜNFUNDFÜNFZIGSTER BAND.

MIT 10 TAFELN UND 44 HOLZSCHNITTEN.

BONN, 1894.

VERLAG VON EMIL STRAUSS.

Inhalt.

Fünftes und sechstes Heft.

Ausgegeben am 29. August.

Siebentes und achtes Heft.

Ausgegeben am 28. Oktober.

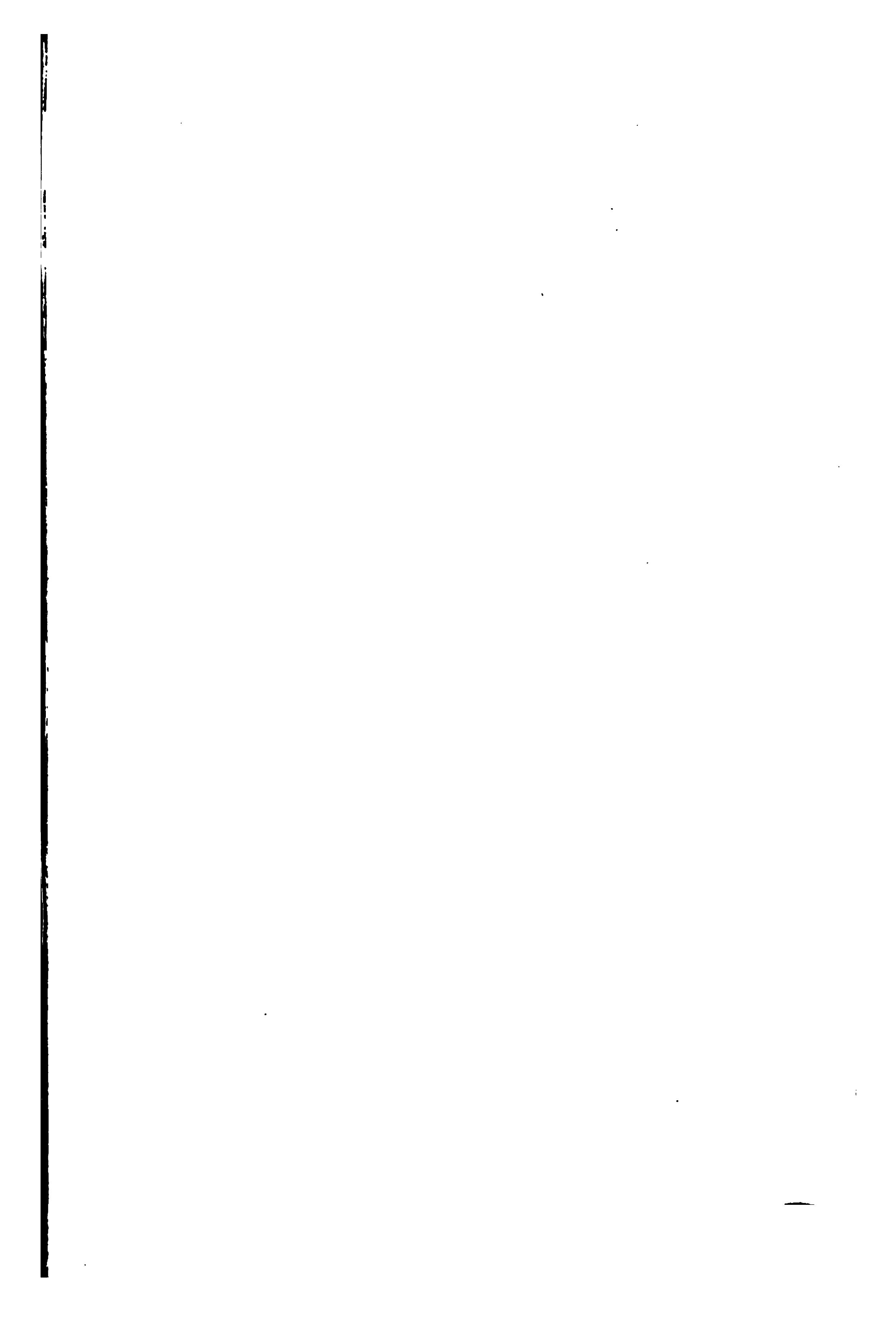
Neuntes und zehntes Heft.

Ausgegeben am 23. November.

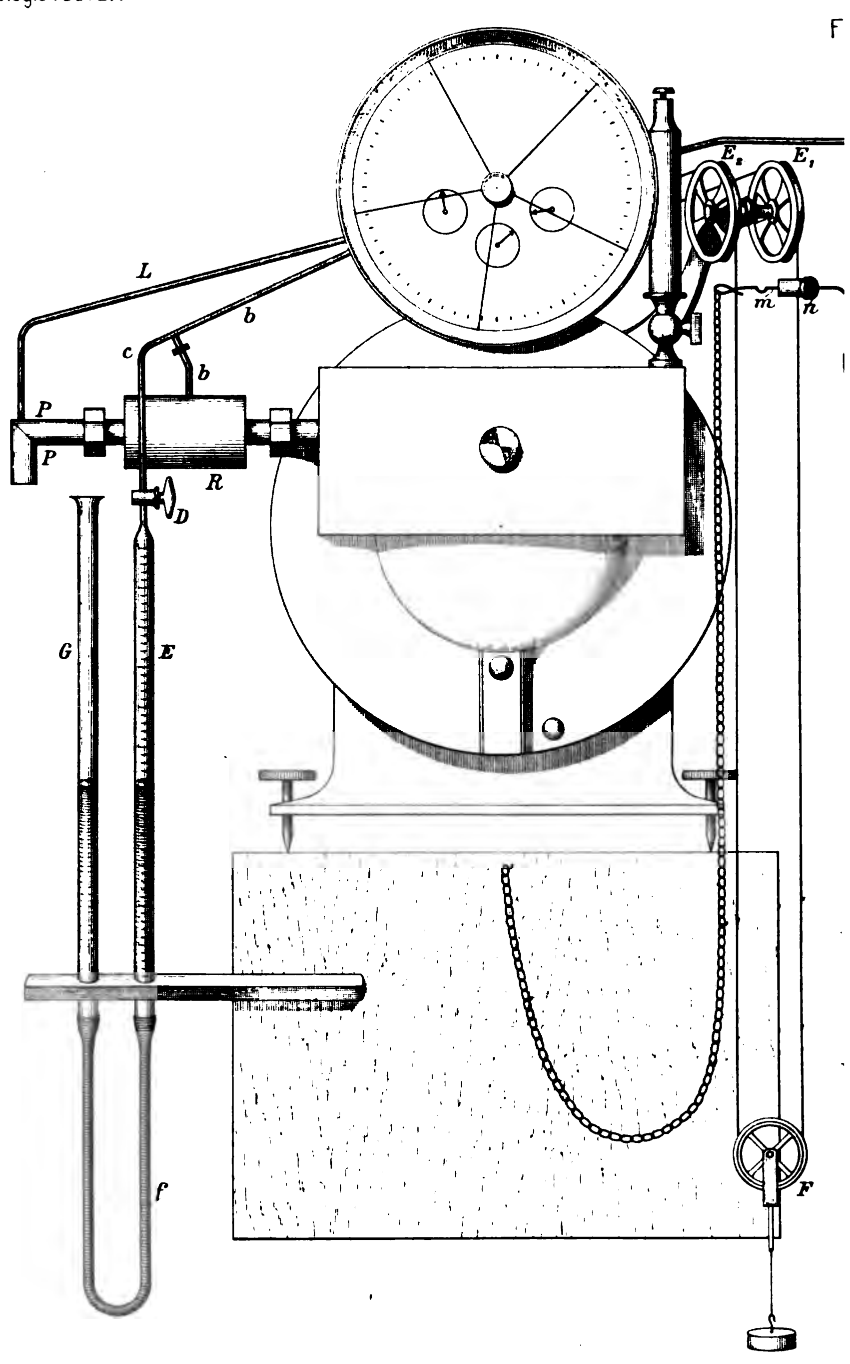
Elftes und zwölftes Heft.

Ausgegeben am 10. Februar.

Seite

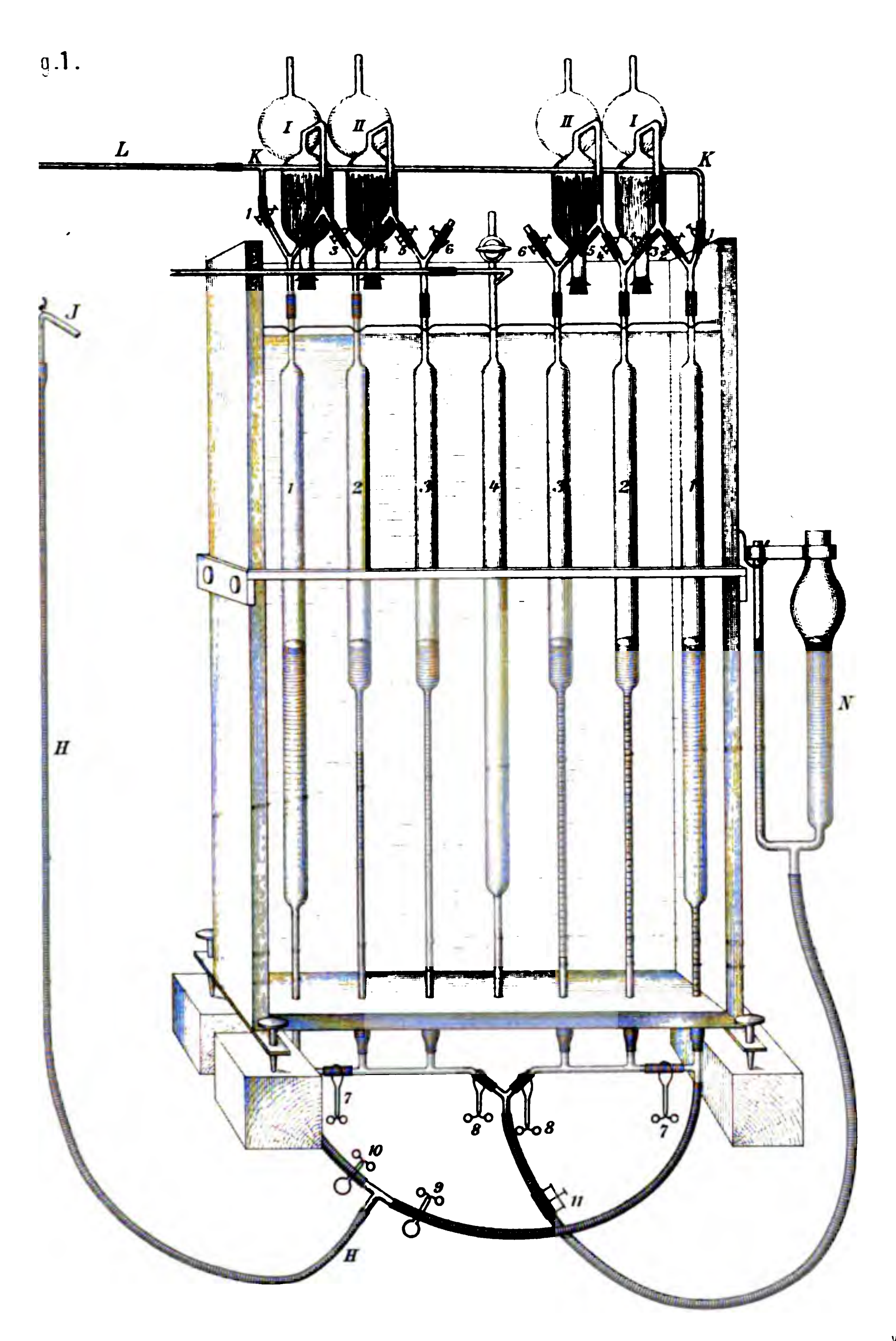


F

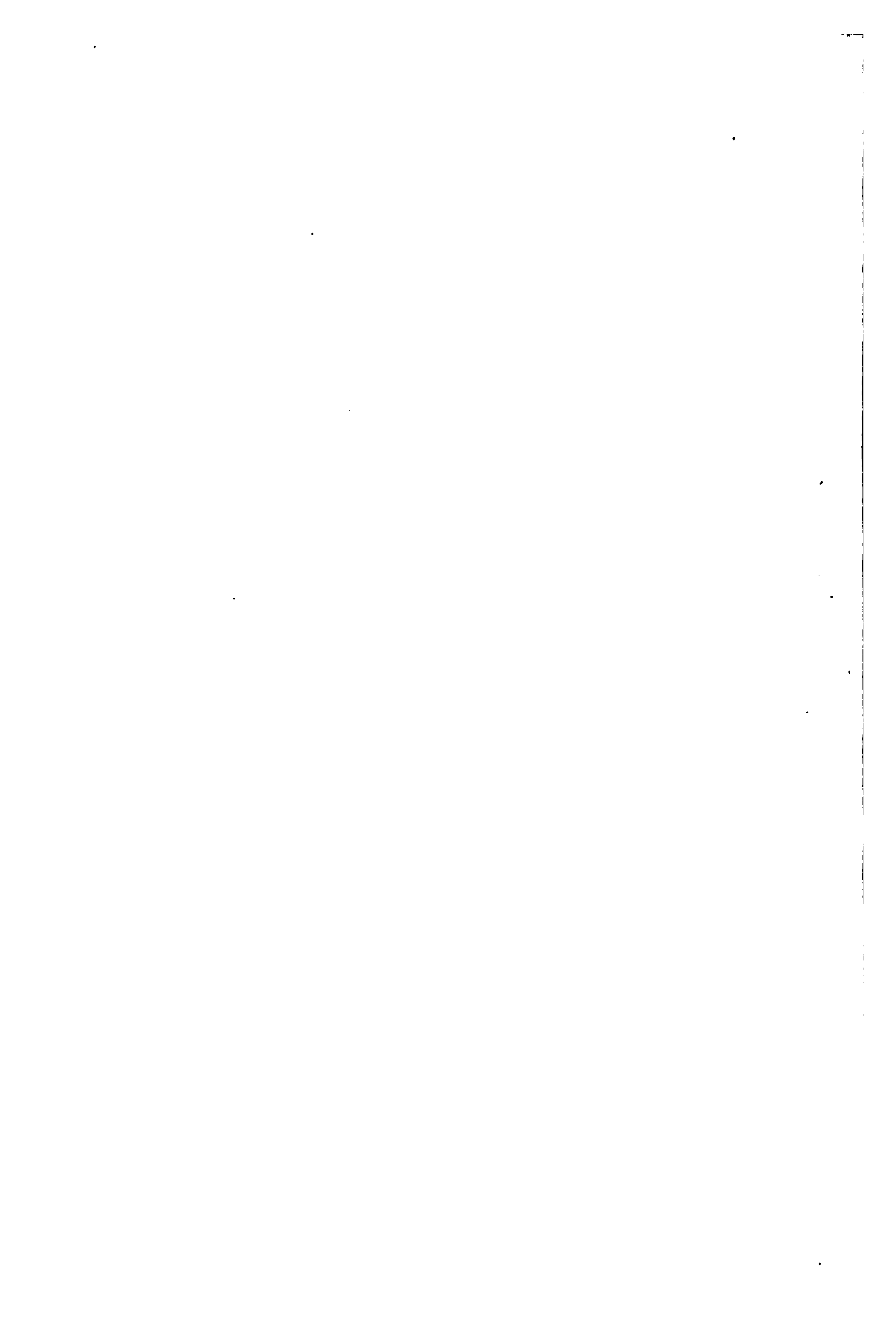


Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

g. 1.



Verlag v. Emil Strauss, Bonn.



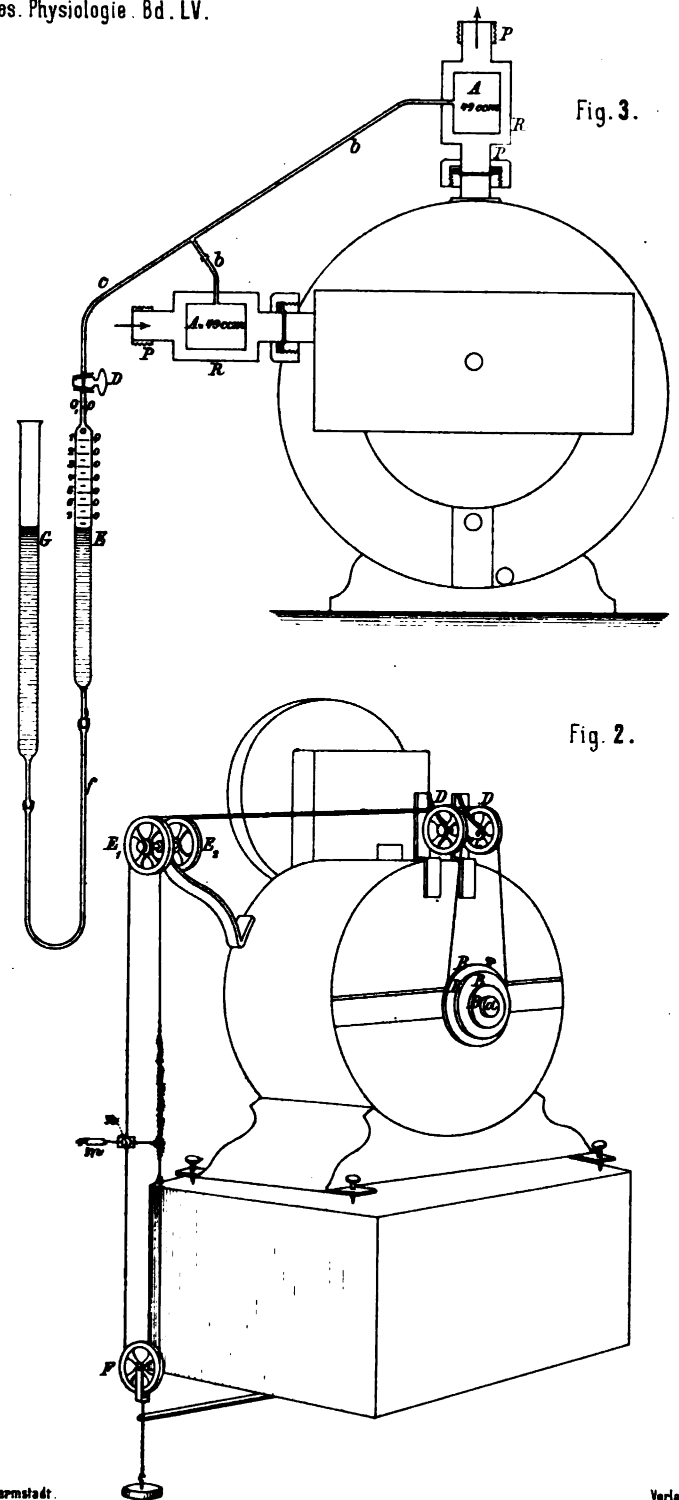


Fig. 3.

Fig. 2.

Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt. Verlag v. Emil Strauss, Bonn.

(Aus dem thierphysiologischen Institut der landwirthschaftlichen Hochschule zu Berlin.)

Ueber die Grösse des respiratorischen Gaswechsels unter dem Einfluss der Nahrungsaufnahme.

Von

Dr. **Ad. Magnus-Levy.**

Hierzu Tafel I u. II.

Einleitung.

Bereits Lavoisier hat bei seinen grundlegenden Versuchen über die Respiration den erheblichen Einfluss der Speisezufuhr auf den Lungengaswechsel erkannt; er fand [1]) den Sauerstoffverbrauch beim Menschen nach Nahrungsaufnahme erheblich, um etwa 37 % grösser, als im nüchternen Zustand. Die schärfere quantitative Erforschung dieser Verhältnisse wurde später von anderen Forschern aufgenommen, so oft entweder die Lehre vom Gesammtstoffwechsel neue Gesichtspunkte für diese Frage lieferte, oder eine Verbesserung der Untersuchungstechnik ein erneutes und bequemeres Experimentiren ermöglichte. Die Wirkung der Nahrungsaufnahme kann sich nach zweierlei Richtungen hin geltend machen; entweder werden die Factoren des Athemprocesses direct beeinflusst und nur während der Dauer der Verdauung, der Resorption und etwa auch der Circulation des aufgenommenen Materials verändert, oder aber indirect beeinflusst und zwar durch Veränderung der Masse des Körpers und seiner Zusammensetzung. Von einer genaueren Untersuchung dieser letzteren Wirkung, die sich erst in längeren Zeitperioden geltend macht, wurde zumeist abgesehen. Ein reiches Material zu ihrer Erörterung bieten jedoch vor allem die zahlreichen Versuchsreihen von Pettenkofer und Voit am

1) Lavoisier, oeuvres Paris 1862. Bd. 2. S. 688 ff.

verschiedenartig genährten Hunde. Jener directe Einfluss der Nahrungsaufnahme auf die Zersetzungen bot der Forschung vielfache Anhaltspunkte: eine Reihe von Fragen blieb ja zu untersuchen, wie die nach dem etwaigen verschiedenen Einfluss der verschiedenen Nahrungsstoffe auf den Gaswechsel, nach der absoluten Grösse dieser Aenderungen, dem zeitlichen Ablauf derselben, den verschiedenen Aenderungen der Sauerstoff- und der Kohlensäurebilanz; schliesslich auch noch das Problem, welche Ursachen denn eigentlich jenen Aenderungen zu Grunde lägen. Abgesehen von mannigfachen älteren, heute nicht mehr verwerthbaren Arbeiten, abgesehen von verschiedentlichem Material, das von manchen Forschern gelegentlich und mehr beiläufig beigebracht wurde, waren es hauptsächlich Arbeiten von Vierordt[1]), Smith[2]), Speck[3]), Zuntz u. von Mering[4]), Rubner[5]), Frédéricq[6]), die unsere Kenntniss auf Grund richtiger Fragestellung und Versuchsanordnung gefördert haben. Eine erneute Inangriffnahme des Themas aber ist durch diese Arbeiten noch nicht überflüssig gemacht. Vierordt, Smith und Rubner konnten ja nur den einen Factor des Gaswechsels, die Kohlensäureproduktion verfolgen. Die ersten beiden zogen bei den ihnen zur Verfügung stehenden beschränkten Untersuchungsmitteln ihre Schlüsse aus Versuchen, die nur wenige Minuten dauerten; ein Verfahren, das in den Händen so geübter und besonnener Experimentatoren zwar anwendbar ist, aber immerhin keine absolut zuverlässigen Resultate liefert. Vierordt's Schlüsse zumal basiren auf sehr wenigen Versuchen, die obendrein die Ausscheidungsverhältnisse verschiedener Tage heranziehen und damit gewisse Unsicherheiten in die Arbeit einführen; ein Uebelstand, von dem auch Speck's und Frédéricq's sonst gut durchgeführte Arbeiten nicht frei sind. Smith lieferte in sehr gut angestellten Versuchen über die Wirkung der verschiedenen Nähr-

---

1) Vierordt, Physiologie des Athmens. Karlsruhe 1845. Kap. 4. S. 90 ff.

2) Smith, Philosophical Transactions. 1859. S. 715 ff.

3) Speck, Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie. Bd. II. 1874. S. 405.

4) v. Mering u. Zuntz, Pflüger's Archiv. Bd. 15. S. 634. Bd. 32. S. 173.

5) Rubner: Versch. Arbeiten in d. Ztschr. für Biologie; ferner: Biologische Gesetze; Ludwig's Festschrift 1887 u. a.

6) Frédéricq, Archives de biologie 1882. Bd. 3. S. 687.

stoffe resp. Nahrungsmittel ein durchaus brauchbares Material; leider umfassen seine Experimente meist nur einen Zeitraum von 2 Stunden. Gegen die Versuche dieser Autoren ist öfters der Einwand erhoben worden, u. a. von Hoesslin[1]) gegen Vierordt, dass die gesteigerte Kohlensäureproduktion blos auf den Ersatz der im Hunger vorwiegend verbrennenden Fette durch die Kohlenhydrate der Nahrung zurückzuführen sei, da ja letztere in äquivalenten Mengen viel mehr CO_2 liefern als erstere; eine genaue Durchsicht dieser Versuche lehrt jedoch, dass die Vermehrung der Kohlensäureproduktion zu gross sei, um durch dies Moment allein erklärt zu werden. Den directen Beweis dafür lieferte Speck, der auch den Sauerstoffverbrauch nach den Mahlzeiten stets erheblich gesteigert fand; ebenso Frédéricq; ersterer findet nach den Mittagsmahlzeiten eine Steigerung des Sauerstoff- und Kohlensäureumsatzes um 25 % der am Morgen im nüchternen Zustand erhaltenen Werthe; letzterer um etwa 40 %; auch nach dem Frühstück wie nach dem Abendessen sahen beide den Gaswechsel gesteigert. Aus dem sehr baldigen Eintreten dieser Steigerung bereits 30 Minuten nach der Speiseaufnahme zog Speck den Schluss, dass der erhöhte Stoffumsatz durch eine Verdauungsarbeit bedingt sei und nicht herrühre von einer vermehrten Oxydation infolge der Mehrcirculation von verbrennungsfähigen Stoffen; die Resorption könne in dieser Zeit noch nicht so viel Material in den Umlauf gebracht haben. Unabhängig von ihm hatten von Mering und Zuntz die Frage, worauf die Steigerung des Kraftwechsels nach Speisezufuhr beruhe, experimentell in Angriff genommen, und waren auf Grund einer eigenartigen Versuchsanordnung zu dem Resultat gekommen, dass, im Gegensatz zu Scheremetjewski's Annahme, vermehrte Circulation von oxydationsfähigem Material, das dem Körper fertig verarbeitet ins Blut zugeführt wurde, an sich keine Steigerung des Stoffverbrauchs herbeiführe; vielmehr sei die Steigerung des Gaswechsels bei Nahrungszufuhr durch den Magen auf die Verdauungsarbeit zurückzuführen; darunter verstanden sie Secretion, Resorption, Fortbewegung des Magen- und Darminhalts, vermehrte Arbeit des Herzens durch verstärkte Circulation. — Gegen diese Auffassung polemisirte Voit[2]) auf Grund seiner

1) Hoesslin, Virchow's Archiv. Bd. 89. S. 341.

2) Voit, Hermann's Handbuch der Physiologie. Bd. 6. S. 209.

früheren Erfahrungen. Auch Rubner[1]), der bei verschiedenen Arbeiten die Wirkung der Nahrungsaufnahme auf den thierischen Organismus in Untersuchung zog, wandte sich zuerst gegen die Auffassung von v. Mering und Zuntz. Er bestritt die Steigerung der Zersetzungen durch Nahrungszufuhr, sofern diese nicht „überschüssig“ sei, er meinte, dass Nahrungsaufnahme und Verdauung an sich keinen durch Arbeit vermehrten Umsatz hervorbringe; er liess also zunächst eine mit Stoffverbrauch verbundene Verdauungsarbeit gar nicht gelten oder doch nur in sehr beschränktem Maasse. Uebrigens machte er selbst[2]) schon auf den Unterschied seiner und der Mering-Zuntz'schen Untersuchungsweise aufmerksam und erklärte daraus die nicht ganz übereinstimmenden Resultate. Später jedoch acceptirte Rubner jene Ansicht und führte aus[3]), dass in der That jede Nahrungsaufnahme eine Verdauungsarbeit bedinge und dass diese Arbeit nur durch vermehrte Oxydation in den betreffenden Organen (Drüsen, glatte Muskulatur des Verdauungstractus etc.) geleistet würde. Wenn trotzdem bei mittlerer Temperatur und „zureichender Nahrungszufuhr“ nicht mehr Kohlensäure oder vielmehr Wärmeeinheiten producirt werden, so geschieht das nach Rubner, weil der Mehrverbrennung in den „Drüsen“ eine entsprechende Minderproduktion in den übrigen Theilen des Körpers, den „Muskeln“ gegenüber-steht; das gilt jedoch nur noch für Temperaturen unterhalb 30° (beim Hund), bei denen eine Einschränkung des Umsatzes in den ruhenden Muskeln noch möglich ist; eine Uebercompensation jener Minderproduktion der „Muskeln“, die bei 16—20° noch statt hat (und mit diesen Temperaturen hat es auch die hier folgende Arbeit zu thun), findet aber auch dann statt, wenn man dem Organismus des Thieres „überschüssige“ Nahrung zuführt; da in diesem Fall der Mehrumsatz in den „Drüsen“ den Minderverbrauch in den „Muskeln“ überwiegt, macht sich dann auch im Gesammtumsatz eine Steigerung deutlich bemerkbar. —

Rubner hat auf diesen Gedankengang eine ziemlich vollständige Theorie aufgebaut, die manches Bestechende für sich hat

---

1) Rubner, Ztschr. f. Biol. Bd. 19. S. 330.

2) Rubner, ebenda. S. 335.

3) Rubner, Biologische Gesetze (hier die ausführlichere Auseinandersetzung). Marburg 1887, u. Sitzgsber. d. bair. Akad. 1885. S. 458 ff.

und deren Grundzüge vielleicht richtig sind; doch befinden sich manche seiner Resultate im Widerspruch mit den Erfahrungen anderer Forscher, und auch einzelne seiner Versuche selbst fügen sich seiner Theorie nicht vollständig ein. — In den letzten Jahren hat auch Fick[1]) zu der Frage Stellung genommen; er sieht auf Grund gewisser Ueberlegungen im Gegensatz zu Speck, Zuntz u. v. Mering, Rubner die Ursache des vermehrten Stoffwechsels nicht in einer Darm- und Drüsenarbeit, sondern in der vermehrten Circulation von oxydationsfähigem Material; aber als dieses Material kommt nach ihm höchst wahrscheinlich nur das Eiweiss in Betracht; der stickstoffhaltige Theil des circulirenden Eiweisses zerfiele sehr rasch und der in diesem vorhandene Kohlenstoff erschiene ausser im Harnstoff zum Theil als Kohlensäure in der Exspirationsluft und bedinge so den Zuwachs derselben während der Verdauung. Eine eingehende kritische Besprechung dieser Versuche und Theorien kann erst am Schluss dieser Arbeit erfolgen. Aus den bisherigen Ausführungen aber ergiebt sich, dass noch verschiedene Seiten der Frage der Lösung harren. Das Verhalten der Sauerstoffaufnahme nach Speisezufuhr ist noch ziemlich unbekannt, der zeitliche Ablauf der Zersetzungen ist nur in wenig länger dauernden Versuchen untersucht worden (u. a. von Rubner, der aber auch unter 3—6stündige Versuche herabzugehen nicht in der Lage war), während der zeitliche Ablauf derjenigen Zersetzungen im Körper (z. B. des Eiweisses), die leicht nachweisbare und gut controllirbare Produkte in den Harn liefern, ziemlich gut bekannt ist. Das Verhalten des respiratorischen Quotienten kann Aufschluss geben, aus welchen Stoffen zu verschiedenen Zeiten die Verbrennungen im Körper bestritten werden, in welcher Weise, mit welcher Schnelligkeit die einzelnen Nahrungsstoffe zerfallen u. a. mehr. Die Fick'sche Hypothese konnte geprüft werden. Vielleicht ergaben sich auch Anhaltspunkte zur Entscheidung der Frage nach den Ursachen der auf Nahrungszufuhr folgenden Steigerung des Umsatzes. So übernahm der Verfasser auf Herrn Professor Zuntz' Vorschlag gern die Inangriffnahme des Themas, die verschiedenen Factoren des Athemprocesses nach Nahrungsaufnahme zu untersuchen. Die Versuche wurden am Menschen und

---

1) Fick, Sitzgsber. d. Würzburger Physik.-medic. Gesellschaft 1890 (15te Sitz. v. 21. XII. 1889).

am Hund unter verschiedenen Bedingungen und für verschiedene Nahrungsstoffe, Nahrungsmittel und Nahrungen durchgeführt [1]).

Was bedeutet aber eine etwa eintretende Steigerung des Gaswechsels? Ist es erlaubt, aus einer Zunahme des Sauerstoffverbrauchs, der Kohlensäureproduktion, auf eine Zunahme der Oxydationen im Thierkörper zu schliessen? Weder die Sauerstoffaufnahme für sich, noch auch die Kohlensäureausscheidung allein gestatten einen sichern Schluss auf die Höhe des Umsatzes, des „Kraftwechsels", den wir seit Hoesslin und Rubner zumeist in Calorien auszudrücken pflegen. Rubner hat [2]), wenn auch nicht zuerst, so doch am eingehendsten dargelegt, dass das „calorische Aequivalent" des verbrauchten Sauerstoffs, wie auch dasjenige des in der Kohlensäure erscheinenden Kohlenstoffes ganz verschieden sei, je nachdem jene Kohle aus der Verbrennung von Eiweiss, Fett oder Kohlenhydraten herrühre, resp. der Sauerstoff zur Oxydation dieser Stoffe gedient habe. Rubner gab dort auch auf Grund eingehender Ueberlegungen und zahlreicher eigener Versuche die Werthe für die verschiedenen calorischen Aequivalente des Sauerstoffs und der Kohlensäure (resp. des in der Athemluft erscheinenden Kohlenstoffs) an. Eine völlig richtige Berechnung des Kraftwechsels, des Wärmeumsatzes, ist nach Rubner nur möglich, wenn man in nicht zu kurzen Zeiträumen die Ausscheidung des Kohlenstoffs und des Stickstoffs genau untersucht und aus beiden die Betheiligung des Eiweiss und des Fettes am Umsatz berechnet; dabei muss man noch die allerdings ziemlich zutreffende Annahme machen, dass die an einem Tage zugeführte nicht überschüssige Menge von Kohlenhydraten auch wirklich ganz zerfällt, bevor etwaiges Fett aus der Nahrung oder vom Körper zur Verbrennung gelangt. Dem gegenüber haben Zuntz und seine Schüler [3]) immer und mit Recht daran festgehalten, dass die gleichzeitige Kenntniss des Sauerstoffverbrauchs und der Kohlensäureausscheidung in der That ziemlich weitgehende Schlüsse auf die Zersetzungen im Thierkörper erlaube. Aus beiden Werthen kann

1) Eine vorläufige Mittheilung einiger Versuche ist bereits erschienen in Pflüger's Archiv. Bd. 52. S. 475.

2) Rubner, Ztschr. f. Biologie. Bd. 21. 1885. S. 357 ff.

3) Eine gute Auseinandersetzung bei Lilienfeld, Pflüger's Archiv. Bd. 32. 1883. S. 337.

man bei annähernder Kenntniss des Eiweissverbrauchs (Stickstoff im Harn) die Betheiligung der Kohlenhydrate und der Fette an den jeweiligen Verbrennungen in richtig geleiteten Versuchen mit einiger Sicherheit erschliessen, und so die Wärmeproduktion, den Kraftwechsel in der Zeiteinheit berechnen. Haben doch grade zahlreiche Versuche von Speck, Zuntz u. Mering, Potthast, J. Munk erwiesen, dass der respiratorische Quotient auch in kürzeren Zeiträumen solche Werthe zeigt, wie man sie nach den gegebenen Bedingungen (Hunger, Zufuhr von Zucker, milchsaurem Natron, Glycerin etc.) zu erwarten berechtigt war. Für kleinere Zeiträume ist man allerdings öfter genöthigt, auf eine ganz genaue Feststellung des Eiweissumsatzes zu verzichten; meist aber kann derselbe annähernd genau genug berechnet werden. Nach Rubner[1]) sind die calorischen Aequivalente

	Calor. Aequiv. für 1 gr in der Athemluft erscheinenden der Kohle	Relative Werthe	Calor. Aequiv. für 1 gr verbrauchten Sauerstoffs	Relative Werthe
bei Verbrennung von Rohrzucker	9,5	100	3,56	118,6
„ „ „ Muskelfleisch	10,2	107	3,00	100
„ „ „ Fett	12,3	129	3,27	109

Die entsprechenden Zahlen für den Sauerstoff weichen weit weniger von einander ab, als die für die Kohle resp. Kohlensäure. Somit lässt das Verhalten des Sauerstoffverbrauchs viel eher einen richtigen Schluss auf die Wärmeproduktion zu, als die Kohlensäureausscheidung. Die calorischen Aequivalente des Sauerstoffs stehen einander ziemlich nahe grade für diejenigen Stoffe (Fett u. Kohlenhydrate), die beim Omni- und Herbivoren jederzeit, im Hunger sowohl wie bei Nahrungszufuhr, und auch beim Fleischfresser wenigstens im Hunger (Fett) die Hauptzersetzung decken; sie stehen im Verhältniss von $\frac{3,27}{3,56} = \frac{100}{108}$. So giebt zunächst für diese

1) Rubner, Ztschr. f. Biol. Bd. 21. S. 363/364.

beiden Nahrungsstoffe der Vergleich des Sauerstoffverbrauchs eine annähernde und vorläufige Uebersicht über die Höhe des Kraft- und Stoffwechsels; jedenfalls eine viel genauere und richtigere, als der der Kohlensäureausscheidung, die ja zudem in kürzeren Versuchen auch noch durch Aenderungen der Athemmechanik stark beeinflusst werden kann. Steigt somit bei Fütterung des nüchternen Organismus mit Kohlehydraten der Sauerstoffverbrauch, so ist eine Zunahme der Oxydationen, der Wärmeproduktion um so mehr erwiesen, als ja das calorische Aequivalent der Stärke etc. grösser ist als das des Fettes. Andererseits muss bei Zufuhr von sehr viel Fleisch resp. Eiweiss der geringere Wärmewerth des zur Verbrennung dieses Körpers dienenden Sauerstoffs berücksichtigt werden. In der folgenden Arbeit ist jederzeit Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureproduktion gleichzeitig bestimmt; bei der aus den eben gegebenen kurzen Erläuterungen ersichtlichen weit grösseren Bedeutung des Sauerstoffverbrauchs, soll grade dieser in den allgemeinen Uebersichten und Generaltabellen entweder ausschliesslich oder doch in erster Reihe wiedergegeben werden; überall, wo es wichtig erscheint, wird auch der respiratorische Quotient in den einzelnen Versuchen veröffentlicht und stets auf die verschiedenen calorischen Aequivalente des Sauerstoffs Rücksicht genommen werden. So wird es möglich sein, aus diesen Respirationsversuchen ein annähernd richtiges Bild des in den verschiedenen Zeiten des Tages bei Hunger oder bei Nahrungszufuhr stattfindenden Kraftwechsels zu gewinnen. —

Bei solchen etwa nothwendig werdenden Berechnungen bediente ich mich folgender Zahlenwerthe, die zum grossen Theil aus Rubner stammen, zum Theil aus der elementaren Zusammensetzung der Stoffe von mir berechnet sind; die eventuelle Umrechnung der hier für Gewichtsmengen von Sauerstoff und Kohlensäure gegebenen Zahlen auf Raummass geschah nach den Normalwerthen

$$\left.\begin{array}{l} 1\ \mathrm{l}\ O_2 = 1{,}43003\ \mathrm{gr} \\ 1\ \mathrm{l}\ CO_2 = 1{,}96633\ \mathrm{gr} \end{array}\right\}\ \text{(für Berlin).}$$

Tabelle I.

	Verbraucht zur Verbrennung gr O_2	Liefert gr CO_2	Liefert Calorien	Respirat. Quotient	Calor. Aequivalent von 1 gr CO_2	Calor. Aequivalent von 1 gr O_2
1 gr Muskelfleisch, aschehaltig	1,334	1,437	4,00	0,783	2,78	3,0
1 gr „ aschefrei	1,400	1,500	4,19	0,783	2,78	3,0
1 gr Schweinefett	2,876	2,805	9,42	0,709	3,35	3,27
1 gr Butterfett	2,841	2,773	9,19	0,710	3,30	3,23
1 gr Stärke	1,185	1,630	4,116	1,000	2,52	3,48
1 gr Rohrzucker	1,123	1,544	4,001	1,000	2,59	3,56
1 gr Traubenzucker	1,067	1,467	3,672	1,000	2,50	3,44
Im Hunger zerstörte Leibessubstanz des Hundes nach Rubner[1])	—	—	—	0,721	3,26	3,23
Von meinem Versuchsmann (W) im nüchternen[1]) Zustand zerstörte Substanz	—	—	—	0,766	3,10	3,26
dito von meinem Hund[1])	—	—	—	0,784	3,03	3,27

Die Methodik.

Zur Lösung der gestellten Aufgabe musste eine Methodik gewählt werden, die erlaubte, sehr zahlreiche Analysen in kurzer Zeit mit genügender Sicherheit und Schärfe auszuführen. Eine

1) Nach Rubner's Angaben werden im Hunger ca. 15 % des Energieumsatzes des ruhenden Hundes vom Eiweiss, 85 % von Fett bestritten; nach obigen Zahlen also 100 Calorien von 3,580 gr aschefreiem Muskelfleisch und von 9,024 gr Fett geliefert, daraus sind die Zahlen der Tabelle berechnet. Aus den Bestimmungen von Lehmann u. Zuntz (Virchow's Archiv. Bd. 131. Suppl. S. 209 u. 210) ergeben sich im Mittel der 10 resp. 6 Hungertage für den Menschen eine Betheiligung des Eiweisses von 17,5 resp. 18,0 %, und des Fettes von 82½ resp. 82 % am Wärmeumsatz, ebenfalls für vollständige Ruhe berechnet. — Etwas abweichend sind die Zahlen für den Umsatz des „nüchternen" Organismus, weil ihm aus den letzten Mahlzeiten noch Kohlenhydrate zur Verbrennung zur Verfügung stehen. Obige Zahlen zeigen, dass in diesem Fall das calorische Aequivalent des Sauerstoffs mit 3,26, 3,27 sehr nahe steht dem zur Verbrennung von Fett (3,27), und Rubner's „Leibessubstanz" (3,23) dienenden. Die Berechnung ist zu ersehen aus S. 26/27 u. S. 31 dieser Arbeit, wo auch angegeben ist, in welchem Grade sich Fett, Eiweiss und Kohlenhydrate am Umsatz betheiligen. — Diese Zahlen gelten ausdrücklich nur für meine Individuen und unter den von mir innegehaltenen Bedingungen. — Auch ich habe mich, der grösseren Bequemlichkeit halber und um den Vergleich mit Rubner's Berechnungen zu erleichtern, an Rubner's Zahlen gehalten, von denen ja die neuerdings von Pflüger benutzten nur sehr wenig abweichen.

solche war gegeben in der Anwendung der Hempel'schen volumetrischen Gasanalyse über Wasser, bei dem von Zuntz und Geppert ausgebildeten Verfahren der Untersuchung des Respirationsprocesses, wie sie für physiologische Zwecke bereits vielfach angewandt und experimentell geprüft worden ist.

Die allgemeine Versuchsanordnung (cf. Zuntz u. Geppert[1]), Zuntz[2]), Geppert[3]), Loewy[4]) Katzenstein[5]), Lehmann u. Zuntz[6])) besteht im Wesentlichen in Folgendem: Durch eine ins Freie führende sehr weite Zuleitung inspirirt das auf einem Sopha unter völliger Muskelentspannung gelagerte Versuchsindividuum frische atmosphärische Luft; die exspirirte Luft streicht durch eine Gasuhr, die das Volumen derselben misst; die Richtung des die Lungen passirenden Luftstromes wird durch zwei Darmventile und ein, neuerdings aus weichem Gummi gefertigtes, Mundstück (das bei verschlossener Nase zwischen Lippen und Zähnen gehalten wird) resp. eine luftdicht schliessende Trachealcanüle beim Hund eindeutig bestimmt, jeder Verlust an Exspirationsluft auf das Bestimmteste ausgeschlossen. Ein aliquoter Theil der letzteren wird aufgefangen und über leicht angesäuertem Wasser volumetrisch analysirt; die Absorption der Kohlensäure erfolgt durch Kalilauge, die des Sauerstoffs durch Phosphorstangen. Da die Zusammensetzung der atmosphärischen Luft innerhalb der für uns in Betracht kommenden Grenzen constant ist[7]), so ist aus diesen Daten die Kohlensäureproduktion des Körpers wie sein Sauerstoffverbrauch mit Leichtigkeit zu berechnen. Wegen der Art der Berechnung muss ich auf Geppert und Zuntz, wegen der Details des Verfahrens und der Analyse auf Hempel[8]) verweisen.

---

1) Zuntz u. Geppert, Pflüger's Archiv. Bd. 42. S. 196 ff.

2) Zuntz, Fortschritte der Medicin 1887. Bd. 5. S. 1 ff.

3) Geppert, Archiv für exper. Pathol. u. Pharmak. Bd. 22. S. 368.

4) Loewy, Pflüger's Archiv. Bd. 43. S. 519 ff. 46. S. 190 ff.

5) Katzenstein, Pflüger's Archiv. Bd. 49. S. 330.

6) Lehmann u. Zuntz, Virchow's Archiv. Bd. 129. Supplement S. 27 ff.

7) cf. Kreusler, Landwirthsch. Jahrbücher. XIV. S. 305. Hempel, Ber. d. dtsch. chem. Ges. Bd. 18 S. 1800, u. Hempel-Kreussler, ibid. 20, 1864.

8) Hempel, Die Gasanalyse. Braunschweig. 2. Aufl.

Die Methodik ist für meine Versuche zwar im Wesentlichen die gleiche geblieben, wie sie von den eben genannten Autoren angewendet worden ist, jedoch in einigen Einzelheiten erheblich durch den neuen, von Prof. Zuntz angegebenen, von mir benutzten Apparat verbessert, der ein bedeutend schnelleres und sichereres Arbeiten als früher ermöglicht.

Das Volum der exspirirten Luft wird auch jetzt durch eine gute Elster'sche Experimentirgasuhr mit constant gehaltenem Wasserspiegel gemessen, deren Aichung einen Fehler von $\pm 1/2$—1 % aufweist. Ein von Prof. Zuntz construirter Reductionsapparat giebt unmittelbar und direkt den Reductionsfactor an, durch dessen Division in die abgelesene Luftmenge man deren Volum unter Normalbedingungen, d. h. für 0°, 760 mm Quecksilberdruck und Trockenheit erhält. Statt wie bisher den jeweiligen Luftdruck und die Temperatur des Gases in der Uhr zu messen und aus diesen Daten unter Berücksichtigung des Wasserdampfes das reducirte Volum resp. den Reductionsfactor zu berechnen, findet man letzteren direct, indem man die Volumsänderungen eines über Wasser abgesperrten bekannten Luftquantums bestimmt, das den gleichen Bedingungen wie das zu reducirende Gas unterliegt. Es bedeutet dies die Uebertragung eines bereits vielfach in der Gasanalyse gebräuchlichen Princips, das bisher nur bei der Messung und Reduction von ruhenden, abgesperrten Gasmengen angewandt wurde, auf diejenigen Arbeiten, in denen man es mit Luftmengen zu thun hat, die durch eine Gasuhr strömen. Es handelt sich dabei im Wesentlichen um einen Ersatz der zwei bisher angewandten Quecksilberthermometer, die, luftdicht in die Gasleitung eingesetzt, die Temperatur des Gases beim Ein- und Austritt aus der Uhr massen, durch zwei mit einander verbundene Luftthermometer, die gleichzeitig den jeweiligen Druck, Temperatur und Wassergehalt der Exspirationsluft zum Ausdruck bringen. Die metallenen, die Luft zu- resp. abführenden Ansatzstücke *PP* der Gasuhr (Fig. I u. III) sind unmittelbar an letzterer cylindrisch erweitert *RR*; diese Erweiterungen umschliessen in mässigem Abstand je eine ähnlich geformte dünnwandige Metallkapsel *AA*, so zwar, dass keine Communication zwischen der Luft in *A* und *R* stattfindet. Durch je ein 2 mm weites, luftdicht in die Kapseln eingelöthetes, nach aussen geführtes Metallrohr *bb*, stehen die Kapselräume untereinander und durch *c* mit dem calibrirten Rohr *E* in Verbindung; letzteres wie-

derum durch den weiten Gummischlauch f mit dem Niveaurohr G; als Sperrflüssigkeit in beiden Rohren dient Wasser; der Glashahn D stellt eine dauernde Communication zwischen E und c her und wird nur gelüftet und wiederum eingesetzt, wenn es sich darum handelt, ein bestimmtes Luftquantum in dem Raum $Ab\,Ab\,c\,D\,E$ abzuschliessen. Diese hier abgesperrte Gasmenge unterliegt genau den gleichen physikalischen Bedingungen und Veränderungen, wie die die Gasuhr durchströmende Exspirationsluft: letztere theilt ihr ja bei der grossen Dünnwandigkeit der Kapseln sofort die eigene Temperatur mit; wie ferner die Luft in der Gasuhr stets unter dem jeweiligen atmosphärischen Druck steht, so wird auch das Volum des abgesperrten Gases vermittels des Niveaurohres G unter derselben Pression abgelesen; da dasselbe zudem über Wasser abgesperrt ist und in jeder Kapsel sich ursprünglich ein kleiner Wassertropfen befindet, so ist es genau wie die Exspirationsluft mit Wasser für die gleiche Temperatur gesättigt. Kennt man nun das Volumen a, das die hier abgesperrte Luft trocken bei 0° und 760 mm Druck einnehmen würde, ferner das Volum b, das sie während eines Versuches wirklich einnimmt, so ist das gesuchte Volumen x, das die von der Gasuhr im Experiment angezeigte Luftmenge c unter Normalbedingungen einnehmen würde, sofort bestimmt; nämlich aus der Proportion $\frac{a}{b} = \frac{x}{c}$; $x = c\frac{a}{b}$; a wird genau gleich 100,00 ccm gemacht, b in ccm am Rohr E bis auf die zweite Decimale genau direct abgelesen, dann wird $x = c\frac{100}{b}$. Die beiden Metallkapseln AA und die sehr engen Röhren bbc enthalten bis zur 0-Marke des calibrirten Rohres genau 100,00 ccm, das Rohr ist in $^1/_{20}$ ccm getheilt. Man hat nur nöthig, über dem Wasserspiegel in E einmal genau 100,00 ccm trockene Luft von 0° und 760 mm Druck abzusperren, um den Apparat gebrauchsfertig zu erhalten. Das geschieht folgendermassen: Nachdem der Apparat im abgeschlossenen Zimmer constante Temperatur angenommen hat, bestimmt man das Mittel der Angaben von zwei aussen an den Luftkapseln angebrachten Quecksilberthermometern und berechnet nun, welches Volumen 100 ccm trockenes Gas von 0°—760 mm Druck bei dem beobachteten Druck, der gegebenen Temperatur, mit Wasserdampf gesättigt, einnehmen würden. Das berechnete Volum

sei $100+x$, x beispielsweise $= 8,47$ [1]). Hat man sich bei erneutem Betreten des Zimmers von der Constanz der Temperatur überzeugt, so sperrt man durch Lüften des Hahnes D und Einstellen des Wasserspiegels im Rohr E (vermittels des Niveaurohres) auf die Marke $x = 8,47$ und sofortiges Wiedereinsetzen des Hahnes D das oben berechnete Luftvolum $100+x = 108,47$ ccm ab. Das Volumen, das die hier abgesperrten 100,00 ccm „Normalluft" zu irgend einer Zeit einnehmen unter den jeweiligen im Einzelnen ganz unbekannten Druck-, Temperatur- und Wassergehaltsbedingungen, bildet, wie aus der bisherigen Beschreibung hervorgeht, den Reductionsfactor, durch dessen Division in die von der Gasuhr angezeigte Luftmenge man die letztere auf Normalbedingungen reducirt erhält. Haben z. B. in einem Versuch von 25 Minuten Dauer 174,4 l Luft die Gasuhr passirt und war das Mittel aus 4 Ablesungen an jenem Thermobarometer in diesem Fall gleich 109,64, so entsprechen jene 174,4 l demnach $\frac{174,4 \times 100,00}{109,64} = 159,06$ l trockener Luft von 0^0 und 760 mm Druck.

Die theoretische Berechtigung dieses Apparates ist evident; berechtigt wäre nur der Einwand, dass ein Theil der abgesperrten Luft, nämlich derjenige in der Röhre E, der je nach den Verhältnissen 4—12 % der genannten Luft ausmachen kann, nicht von der Exspirationsluft umspült wird und somit nicht deren Temperatur, sondern die des Zimmers annimmt. Letztere wich aber unter den von mir innegehaltenen Bedingungen zu allen Zeiten um nicht mehr wie einen Grad von derjenigen in der Gasuhr ab, der Fehler ist somit minimal und beträgt höchstens 0,02—0,04 auf 100,0. Die praktische Brauchbarkeit des Apparates wurde erwiesen durch sehr häufige, monatlich zweimal vorgenommene Controllbestimmungen, bei denen die am Thermobarograph abgelesenen Zahlen verglichen wurden mit denen, die durch Rechnung aus dem gleichzeitig abgelesenen Luftdruck, Temperatur etc. gewonnen wurden. Diese Bestimmungen ergaben eine gute Uebereinstimmung beider Zahlen. So war z. B. zu drei verschiedenen Stunden am 16. II. 1893

---

1) Diese Berechnung geschieht ausserhalb des Apparatenzimmers, um jede Aenderung der daselbst herrschenden Temperatur zu vermeiden.

der wirkliche Stand des Reductionsapparates	= 108,58	108,95	109,23
der theoretisch berechnete Stand desselben	= 108,64	108,97	109,23
Differenz	—0,06	—0,02	—0,00

Diese Angaben sind während der Benutzung der Gasuhr, d. h. während diese von der Exspirationsluft durchströmt wird, gewonnen. Der Reductionsapparat muss natürlich während jeden Versuches mehrfach, zum mindesten aber am Anfang und Schluss desselben abgelesen, und das Mittel aus den verschiedenen Ablesungen gezogen werden. — Leider wurden die Angaben des Apparates nach einigen (3—4) Wochen ungenau, indem sie dann um 0,15—0,25 % zu klein ausfielen; nie war das Umgekehrte der Fall, d. h. es verschwinden in dieser Zeit 1—2 Zehntel ccm Luft, wahrscheinlich Sauerstoff, der die metallenen feuchten Wandungen oxydirt. Der Apparat liefert aber auch dann noch bei sämmtlichen an einem Tag angestellten Versuchen genau vergleichbare Angaben, da diese sämmtlich um den gleichen Betrag hinter den berechneten zurückbleiben. Der Fehler ist ferner nach 14 Tagen noch sehr klein, und man hat nur nöthig, den Apparat alle 2 Wochen einmal zu controlliren und eventuell neu einzustellen, was mit geringer Mühe geschieht, um dauernd richtige Angaben zu erzielen. — In letzter Zeit ist übrigens die Einstellung des Apparates dauernd richtig geblieben.

Von der ihrem Volum nach genau gemessenen Exspirationsluft wird ein Theil, 100 resp. 200 ccm, in einem oder beiden Analysenrohren *1. 1.* (Fig. I) aufgefangen und auf seine Zusammensetzung untersucht. Diese zwei Büretten stehen an ihrem oberen Ende durch abklemmbare, kurze, capillare Gummischläuche mit dem capillaren Glasrohr *K*, durch dieses und ein ebenfalls sehr enges metallenes Rohr *L* mit der die Exspirationsluft zur Uhr führenden Leitung *P* in Verbindung. Sie enthalten anfangs bis zur oberen Nullmarke Wasser, füllen sich mit Exspirationsluft, wenn man nach Lösung der entsprechenden Klemmen das Wasser aus ihrem unteren Ende ausfliessen lässt. Dies Ausfliessen wird durch einen mit Klemme versehenen Schlauch *H* bewirkt, der zu dem unteren Ende beider Büretten führt und an seinem anderen Ende eine metallene Ausflussspitze *J* trägt. Diese befindet sich beim Beginn einer „Probenahme“ in der Höhe des Wasserspiegels in den Bü-

retten, d. h. in Höhe von deren Nullmarke, sinkt während des Versuches in gleich zu schildernder Weise, und bewirkt so, bei richtiger Einstellung der entsprechenden Klemmen, die Entleerung der Büretten von Wasser und deren Füllung mit der zu untersuchenden Luft. — Dieser zur Analyse dienende Theil muss genau die mittlere Zusammensetzung des ganzen in der Versuchszeit ausgeathmeten Luftquantums haben, von jedem einzelnen Athemzug muss ein gleicher aliquoter Theil gewonnen werden; das geschieht in ähnlicher Weise wie in den Versuchen von Geppert, Zuntz, Loewy dadurch, dass die Gasuhraxe gemäss ihrer Umdrehung die Absaugung der Analysenprobe selbstthätig bewirkt. Die neue Einrichtung, die sich durchaus bewährt hat, ist so beschaffen: Die drehbare Gasuhraxe A (Fig. II) ist nach hinten über die Gasuhrwand heraus verlängert und trägt 4—5 concentrische Scheiben BB von verschiedenem Durchmesser. In dem gekehlten und gerieften Umfang von einer derselben läuft eine Schnur ohne Ende über die an der Gasuhr befestigten Rollen $D_1 D_2$, $E_1 E_2$ und F nach vorne; durch Reibung an dem Umfang der Scheibe B wird die Schnur bei Umdrehung der Gasuhraxe in eine Bewegung gesetzt, deren Grösse nur von der Schnelligkeit der Axendrehung der Gasuhr abhängt, das heisst mit der jeweiligen Grösse des durch letztere passirenden Luftquantums in constantem Verhältniss variirt. Der vordere Theil dieser Schnur zwischen den Rollen E_1, F u. E_2 (cf. Fig. I) befindet sich vor der Gasuhr und dicht neben der die Analysenbüretten enthaltenden Wasserwanne; und zwar befinden sich die oberen Rollen $E_1 E_2$ höher, die untere F tiefer als das obere resp. untere Ende der Büretten *1. 1.* Der zwischen den Rollen E_1 u. F befindliche Theil der Schnur sinkt bei der Drehung und an ihm ist durch den metallenen Träger m und eine Klemmvorrichtung n die oben erwähnte Auslaufspitze angebracht. Da der Querschnitt des Analysenrohres (mit Ausnahme eines ganz kurzen Stückes am oberen und unteren Ende) überall gleichmässig ist, so erfolgt beim Absinken der Auslaufspitze der Abfluss des Wassers aus den Büretten und deren Füllung mit der Athemluft genau proportional der Menge des durch die Gasuhr streichenden Luftstromes; von jedem einzelnen Athemzug wird, der theoretischen Forderung entsprechend, ein stets gleicher Bruchtheil abgesaugt und so eine genaue Durchschnittsprobe gewonnen. Sobald die Büretten bis zu ihrem unteren Ende mit dem Gas gefüllt sind, werden die entsprechenden Klem-

men angelegt resp. gelüftet, die abgesaugte Luft abgesperrt, die nöthigen Ablesungen gemacht, der Versuch beendigt. Je nachdem ein solcher kürzere oder längere Zeit dauern soll, lässt man die Schnur ohne Ende über eine grössere oder kleinere der an der Gasuhraxe angebrachten Scheiben gehen, wodurch die Schnelligkeit ihres Niedersinkens variirt wird. Man hat es so in der Hand, eine „Probenahme“ über 6—8, 12—15, 20, 35 Minuten auszudehnen; natürlich muss während eines Versuches das Uebersetzungsverhältniss constant bleiben. Auf den Träger *n*, welcher die Ausflussspitze *J* trägt, können cylindrische mit einem Ausschnitt für die Schnur versehene Gewichte aufgelegt werden. Indem diese Gewichte die Bewegung des zwischen den Rollen *E'* u. *F* niedersinkenden Schnurtheils fördern, erleichtern sie die Umdrehung der Gasuhr und vermindern somit den an sich minimalen Widerstand, welchen der Apparat der Exspiration entgegensetzt. Legt man etwa 400 gr Gewichte auf, so beginnt die Gasuhr sich wie bei der Athmung zu drehen und so als Aspirator zu wirken. Man kann die Belastung so abstufen, dass die ruhende Uhr durch Zulegen eines geringen Gewichts in Drehung versetzt wird; dann ist der Widerstand für die Exspiration fast gleich Null.

Der Analysenapparat besteht im Wesentlichen aus den Büretten, in denen die Messung der Gasvolumina, und den Pipetten, in denen die Absorption der Kohlensäure und des Sauerstoffs stattfindet. Die ersteren, 7 an der Zahl, stehen in einer mit Spiegelscheiben versehenen, mit Wasser gefüllten Wanne (Fig. I). Die mittlere Bürette Nr. 4 dient als thermobarometrischer Controllapparat, die übrigen 6 bilden, zu je dreien symmetrisch angebracht, zwei gleiche Gruppen, zur gleichzeitigen Anstellung von 2 Analysen. In *1. 1* findet die Aufsammlung und Messung des zu untersuchenden Gases statt; ist dieses in der Pipette *I* durch Kalilauge von Kohlensäure befreit, so wird das Volum des restirenden Gasgemenges in den Röhren *2, 2* bestimmt; in Pipette *II* wird hernach der Sauerstoff absorbirt und das restirende Stickstoffgas dann in den Büretten *3, 3* gemessen. Die Büretten sind nur an ihrem unteren verschmälerten Ende calibrirt, und zwar in $^1/_{20}$ ccm getheilt; die Röhren *1. 1* tragen eine Theilung von 99,6—101,0 ccm, *2, 2* von 90,0—100,0, und *3, 3* von 75—85 ccm entsprechend dem Umstand, dass für gewöhnlich von 100 ccm Exspirationsluft nach Entfernung der Kohlensäure etwa 93—98 ccm, und nach Absorption des Sauerstoffs zwischen

78 und 81 ccm Gas zurückbleiben. Der Unterschied gegen die frühere Vorrichtung (cf. Loewy) besteht zunächst darin, dass, da die dreimalige Messung des Gases in verschiedenen Röhren stattfindet, jede der letzteren nur in einem kleinen Intervall getheilt zu sein braucht, und die Theilung daher gegen früher sehr verfeinert ist. (Eine sorgfältige Calibrirung ist hier natürlich ganz besonders erforderlich.) Der Hauptvortheil der neuen Einrichtung besteht aber darin, dass unmittelbar, nachdem die erste Gasprobe zur Analyse in die Kalipipette übergetrieben ist, im ersten Rohr eine neue Durchschnittsprobe aufgefangen werden kann u. s. f. So kann man bei geübtem Arbeiten, wenn nothwendig, in Bürette 1 schon die 3. und 4. Gasprobe auffangen, wenn die Analyse der ersten gerade zu Ende geht. Die Verdoppelung der drei zusammengehörigen Büretten und der mit ihnen verbundenen Pipetten erlaubt je nach Bedürfniss entweder Doppelanalysen anzustellen, oder durch abwechselnde Benutzung einen Versuch ohne auch nur den Verlust einer Minute an den vorhergehenden anzuschliessen. — Nachdem in der oben geschilderten Weise ein Gasgemenge in der Bürette 1 aufgefangen und zwischen den Klemmen 1, 2, 7 und 10 abgesperrt ist, wird die Klemme 7 geöffnet und das Volum des Gases unter Atmosphärendruck vermittels des Niveaurohres N gemessen; dasselbe ist zweischenkelig, der engere Schenkel hat genau das Kaliber der unteren getheilten Bürettenenden; das Wasserniveau in ihm wird durch Heben oder Senken des Niveaurohres auf gleiche Höhe mit dem in der Bürette gebracht; der weitere Schenkel dient zur Aufnahme von ca. 200 ccm Wasser, welches zum Herübertreiben des Gases aus den Büretten in die Pipetten gebraucht wird; umgekehrt fliesst beim Zurücksaugen des Gases aus den Pipetten in die nächste Bürette, das in letzteren enthaltene Wasser in dies Niveaurohr ab. Aus der Figur ist deutlich zu ersehen, wie die Büretten durch je zwei Y-förmige capillare Glasröhren und capillare Gummistücke mit den Pipetten verbunden sind. Auch die Bedeutung der dort wie anderwärts angebrachten Klemmen ergiebt sich leicht von selbst. An dem zum Niveaurohr führenden Schlauch ist eine stellbare Schraubenklemme 11 angebracht; durch richtiges Anziehen derselben wird, wenn das Gas aus einer Pipette in die entsprechende Bürette angesaugt wird, der Abfluss des Wassers aus letzterer verlangsamt und so regulirt, dass er 3—4 Minuten dauert; es findet dann kein nachträgliches Zusammenlaufen von den Wän-

den der Bürette statt, und die Ablesung des Gasvolums kann sofort vorgenommen werden. Die absorbirenden Reagentien, 30%ige Kalilauge in der mit Glasröhren gefüllten Pipette für die Kohlensäure, dünne sehr zahlreiche Phosphorstangen für den Sauerstoff bieten dem Gasgemenge eine sehr grosse Oberfläche, so dass die Absorption in weniger wie 2 resp. 8 Minuten bei mittlerer Zimmertemperatur vollendet ist. Somit erfordert die ganze Analyse nicht mehr wie etwa 30—40 Minuten. In dieser Zeit ändert sich aber manchmal, besonders beim Anheizen des Zimmers in der Frühe die Temperatur des Wassers in der Wanne und damit auch die des Gases nicht unerheblich, bis zu mehreren Zehntel Graden. Die dadurch, wie auch durch etwaige Barometerschwankungen (beobachtet z. B. während eines Gewitters) bedingten Volumenänderungen der Gase werden durch die entsprechenden Aenderungen eines in Bürette 4 abgesperrten Gasquantums gemessen. Diese Bürette, von ähnlichen Dimensionen wie 1, endigt unten blind, ist nach oben verschmälert und mit einem Glashahn abgeschlossen; unterhalb dieses letzteren trägt sie einen seitlichen Ansatz, der durch ein capillares Gummistück mit einem horizontal befestigten engen Glasrohr in Verbindung steht. Der Inhalt der Bürette beträgt bis zu der an dem engen Seitenrohr angebrachten Nullmarke genau 100,0 ccm, das Rohr ist in 50tel ccm getheilt. Ein in diesem befindlicher Petroleumtropfen geht bei Volumänderungen der in der Bürette befindlichen, durch einen Wassertropfen feucht gehaltenen Luft vor- oder rückwärts; ein Vor- oder Zurückweichen um einen halben Theilstrich bedeutet eine Volumänderung von $^1/_{100}$ ccm auf 100 ccm, d. h. um 0,01 %; etwaige seit dem Beginn der Analyse stattgehabte Volumänderungen dieses Luftquantums werden bei der Ablesung und Abmessung des von Kohlensäure resp. Kohlensäure und Sauerstoff befreiten Gasgemenges ebenfalls in $^1/_{100}$tel Procenten des abgemessenen Volums verrechnet, da ja die Gase in allen 7 Büretten unter den gleichen physikalischen Bedingungen stehen.

Die Analyse findet über Wasser statt, das durch Salzsäure ganz leicht angesäuert und durch Rosolsäure schwach gelb gefärbt ist. Die Details der Analyse sowie die Zulässigkeit der Analyse über Wasser brauchen hier nicht erörtert zu werden; ich verweise auf Hempel[1]) und Loewy[2]). Ich erhielt bei sehr zahlreichen,

1) loc. cit. 2) loc. cit.

alle Monate erneuten Controllbestimmungen sehr gute Resultate. Zumeist wurde in diesen Versuchen atmosphärische Luft analysirt, aber auch Athemgase vom Pferde, deren Zusammensetzung bereits in subtilster Weise über Quecksilber nach der Bunsen-Geppert-schen Methode bestimmt worden war. Bei fast allen diesen Versuchen wurde die Kohlensäure um wenige (0—6) hundertstel Volumprocente zu klein gefunden; ebenso blieb der Procentgehalt des untersuchten Gases an Sauerstoff zumeist um 5—10 hundertstel hinter dem wahren Werthe zurück; eine noch grössere Annäherung an die richtigen Werthe wurde in den unten mitgetheilten Controllversuchen von Prof. Zuntz erzielt. Auf jeden Fall sind die Abweichungen ziemlich klein und liegen fast stets nach der gleichen Seite, so dass die gewonnenen Zahlen nahezu absolute Werthe darstellen, und jedenfalls unter sich völlig vergleichbar sind. Der Prozentgehalt der Kohlensäure beträgt in der Exspirationsluft zumeist 3—5 %, er wird gewöhnlich um 0,00—0,06 % zu klein gefunden, demgemäss fallen die absoluten Wehrte um 1—2 % zu klein aus. Der Sauerstoffgehalt der Exspirationsluft wird meist um 0,05 —0,10 % zu klein, das „Sauerstoffdeficit" mithin um eben so viel zu hoch gefunden; da seine absolute Grösse gewöhnlich 4—6 % des Gesammtgases beträgt, so wird dieselbe mittels dieses Apparats um 1—2½ % des wahren Werthes zu hoch gefunden. Da die Kohlensäuremenge zu klein, das verzehrte Sauerstoffquantum zu gross wird, so wird der respiratorische Quotient naturgemäss etwas zu klein gefunden, zumeist um 1—2 Einheiten in der zweiten Decimale, statt 0,750 z. B. = 0,730—0,740. Alle diese ja sehr geringen Abweichungen sind ziemlich constant; eine rechnerische Correctur für dieselben wurde nie angebracht, vielmehr sind alle Zahlen ohne jede berichtigende Zuthat wiedergegeben. — Uebrigens darf nicht verschwiegen werden, dass bei den Controlluntersuchungen die Sauerstoffbestimmung gelegentlich, aber selten, grössere Abweichungen ergab, ohne dass der Grund dafür mit Sicherheit nachgewiesen werden konnte. — Es kommen in der kohlensäurefrei gedachten trockenen Atmosphäre nach Hempel-Kreussler[1]) auf 20,93 Volumprocente Sauerstoff 79,07 Theile Stickstoff; ich fand in einem Winter folgende Werthe:

---

1) Hempel u. Kreussler, Ber. d. chem. Ges. Bd. 20. S. 1864.

Sauerstoff	20,90	20,93	20,89	20,89	20,90	20,88	20,97(?)	20,82	20,73(?)
Stickstoff	79,10	79,07	79,11	79,11	79,10	79,12	79,03	79,18	79,27

Sauerstoff	20,81	20,90	20,90	20,88	20,86	20,90	20,88 %
Stickstoff	79,19	79,10	79,10	79,12	79,14	79,10	79,12 „

Prof. Zuntz fand, als er im letzten Herbst Controllversuche anstellte, in welchen ein Luftstrom untersucht wurde, welcher durch brennende Kerzen ähnlich verändert war, wie die Exspirationsluft durch die Athmung, bei gleichzeitig über Quecksilber und in dem von mir benutzten Apparat analysirten Proben folgende procentische Mittelwerthe aus je einer grossen Zahl von Analysen:

Ueber Quecksilber			Ueber Wasser		
Zahl der Analysen	Kohlensäure	Sauerstoff	Zahl der Analysen	Kohlensäure	Sauerstoff
4	1,548	18,801	6	1,598	18.803 [1]
4	1,641	18,714	6	1,658	18,660
4	2,107	18,090	7	2,099	18,069
Gesammtmittel	1,765	18,535		1,785	18,511

Alle Controllbestimmungen wurden von Zeit zu Zeit wiederholt, um etwaige Fehler oder Unregelmässigkeiten rechtzeitig zu entdecken; das ist nicht überflüssig; geschieht es aber, so kann man sich auf die Angaben des Apparats auch bei schnellem Arbeiten vollkommen verlassen: ich habe in 12—15 Stunden oft ebenso viele und mehr Respirationsversuche mit Doppelanalysen angestellt und die ganzen Rechnungen in der gleichen Zeit bewältigt. Sämmtliche Zahlen wurden meist drei-, seltener nur zweimal gerechnet, und zwar einmal mit, einmal ohne Logarithmen, und obendrein noch die Richtigkeit der Rechnungen durch Stichproben controllirt. — In den weitaus meisten Versuchen wurden zu gleicher Zeit Doppelanalysen des gleichen Gasgemenges in beiden Hälften des Apparates angestellt, deren Uebereinstimmung die Richtigkeit der Analyse bis zu einem gewissen Grade sicherte. Unter ca. 200 ohne Wahl herausgegriffenen Doppelanalysen fanden sich nur ca. 15 %, in denen die Differenz des Prozentgehalts an Kohlensäure resp. Sauerstoff mehr als $^6/_{100}$stel, und nur 2 % resp. 5 %, in denen sie mehr als $^{10}/_{100}$stel % betrug [2]).

1) Diese Sauerstoffzahl ist das Mittel von nur 4 Analysen.

2) Der ganze vorstehend beschriebene Apparat kann durch die Gasmesserfabrik von S. Elster, Neue Königstr. 69 zu Berlin, bezogen werden.

Die allgemeine Versuchsanordnung.

Der Gaswechsel in nüchternem Zustand.

Die allgemeine Versuchsanordnung ging dahin, dass nach Feststellung des Gaswechsels im nüchternen Zustand eine Mahlzeit von bestimmter Zusammensetzung gereicht und nun Stunde für Stunde der Gaswechsel bestimmt wurde. Die einzelnen Versuche konnten und durften aber nie über die ganze Stunde ausgedehnt werden. Denn ein Mensch ist im wachen Zustand nicht im Stande, länger als 2—3 Stunden durch die Gasuhr zu athmen und dabei ganz ruhig zu liegen, auch ein Hund nur schwer; jede Bewegung muss absolut ausgeschlossen sein. Es gilt ja nicht, den absoluten Betrag der am Tage umgesetzten Kohlenstoff- und Sauerstoffmengen zu erfahren, sondern nur den Antheil zu ermitteln, welchen daran die Speiseaufnahme hat. Das kann nur so geschehen, dass alle Stunde (event. auch in grösseren Zwischenräumen) ein Versuch von 35—40 Minuten Dauer angestellt und zwischen je 2 solcher Versuche eine Pause eingeschaltet wird. Die so gewonnenen Werthe sind zuverlässig genug, um als Mittelwerthe für die in der Stunde umgesetzten Gasmengen angesehen zu werden. In allen diesen Versuchen lag das Versuchsindividuum bei vollständiger Muskelentspannung auf dem Sopha in dem abgesperrten Zimmer, dessen Temperatur sich stets zwischen 16° und 19° C. hielt. Der Probeentnahme der Analysenluft gehen zumeist 5—10 Minuten ruhiges Athmen voran, bis die Athemgrösse annähernd constant geworden ist. Der eigentliche Versuch dauert somit 25—35 Minuten. Zur Feststellung des „Nüchternwerthes" wurden stets 2—3 solcher Versuche mit Doppelanalysen nach einander angestellt, die Nüchternwerthe somit aus Versuchen von 50—70 Minuten Dauer abgeleitet.

Sämmtliche Angaben sind in ccm ausgedrückt, auf 0°, 760 mm Druck und Trockenheit reducirt und auf 1 Minute berechnet. — Das zumeist zu den Versuchen verwendete Individuum W., 57—58 Jahre alt, ist zuverlässig, gesund und seit Jahren an ähnliche Respirationsversuche gewöhnt. Der benutzte Hund ist gut dressirt, liegt absolut ruhig; weder die nun $2^1/_2$ Jahre getragene Dauercanüle noch die in den Versuchen benuzte Canüle mit Gummitamponverschluss hat je Unzuträglichkeiten hervorgerufen.

Die richtige Feststellung des „Nüchternwerthes“, d. h. des Gaswechsels im nüchternen Zustand, ist von ganz besonderem Werth, da er, wie schon oben angedeutet, zum Angel- und Ausgangspunkt der ganzen Untersuchung gemacht wird, da er das Material abgiebt, mit dem die während der Verdauung erhaltenen Werthe des Gaswechsels verglichen werden. Zwei Fragen drängen sich auf. Innerhalb welcher Breite schwanken die Nüchternwerthe des gleichen Individuums in verschiedenen Abschnitten längerer Zeiträume? Und wie verhält sich der Gaswechsel zu den verschiedenen Tagesstunden bei Enthaltung von jeder Nahrung? Ist derselbe eine annähernd constante Grösse oder nicht? und wenn letzteres der Fall, zeigen die etwaigen Schwankungen einen regelmässigen oder irregulären Charakter? Beide Fragen erfordern eine eingehende Besprechung.

Die Untersuchung der Umsetzungen im Hungerzustand bildet den Ausgangspunkt und die Grundlage für alle Untersuchungen in der Ernährungsphysiologie. Im Hunger sinkt, sofern die Temperatur gleich bleibt und Muskelbewegungen ausgeschlossen sind, der Stoffwechsel, speciell die Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureabgabe bald auf ein Minimum, auf Werthe, die nun bei längerer Carenz, auf die Gewichtseinheit bezogen, nahezu gleich bleiben. Das ist erwiesen u. a. durch Untersuchungen von Bidder und Schmidt an der Katze, D. Finkler am Meerschweinchen, Lehmann und Zuntz am Menschen [1]), ferner durch die sehr umfassenden Versuche Rubner's. Die Constanz dieser Ausscheidungen zeigt, dass denselben innere unveränderliche Bedingungen in der Organisation zu Grunde liegen, dass jenes Minimum unbedingt erforderlich ist zur Bestreitung der auch in der Ruhe stattfindenden Bewegungen (Herz- u. Athemmuskulatur), sowie zur Erhaltung der vitalen Labilität des Zellprotoplasma, der Eigenwärme und der normalen Functionen des Körpers. Aber eben so wenig wie diese Werthe in verschiedenen Abschnitten einer längeren Hungerreihe eine absolute Constanz zeigen, vielmehr um mehrere Procente um einen Mittelwerth herum schwanken, eben so wenig sind die Zahlen ganz

1) Hierher gehört auch eine Beobachtung von Hanriot u. Richet (Comptes rendus 106. S. 496), die den Gaswechsel in einer 49stündigen Hungerreihe nur wenig absinken sahen, den O_2-Verbrauch von 17,4 auf 16,9, 16,1 und 16,9 l per Stunde. — Luciani's enorm ungleiche Werthe sind wohl durch Fehler der Methodik bedingt.

constant, die man im „nüchternen Zustand", d. h. nach dem Abklingen der Wirkung der letzten Speiseaufnahme erhält. Beim Hund, der seine Nahrung zumeist in einer Portion am Tag erhält, ist der Nüchternwerth nach 24 Stunden gewöhnlich erreicht, beim Menschen, der seine Mahlzeiten auf die verschiedenen Tageszeiten vertheilt, zumeist sicher nach 12—14 Stunden (meist schon viel eher); die in der Frühe gefundenen Werthe für den Gaswechsel erleiden bei Enthaltung von Nahrung meist keine weitere Abnahme im Laufe des Tages. Die umstehende Tabelle II (S. 24) enthält die zu verschiedenen Zeiten bei meinem Versuchsmenschen W. erhaltenen Nüchternwerthe. Die Tabelle umfasst einen Zeitraum von 2 Jahren.

In der ganzen Tabelle präsentiren sich blos zwei Werthe, die, aussergewöhnlich hoch, zur Bildung eines Mittelwerthes wohl kaum herangezogen werden dürfen (Versuch Nr. 32 u. 33). Im Mittel der 41 übrigen Bestimmungen verbrauchte W. in der Ruhe nüchtern pro Minute 220,0 ccm O_2 und schied 168,5 ccm CO_2 aus. Der R. Q. ist = 0,766. Bei einem mittleren Gewicht von 56,5 kg (55,8—57,2 kg) treffen auf das Kilo und die Minute 3,89 ccm O_2 und 2,98 ccm CO_2. Innerhalb dieser Reihe finden wir Werthe bis herab zu 204, und herauf bis zu 243 (nur einmal) ccm O_2; d. h. Schwankungen von — 7 bis + $10^1/_2$ % des Mittelwerthes. Aehnlich liegen die Verhältnisse für die Kohlensäure. Ein scharfer Nachweis, wodurch der verschieden hohe Verbrauch an den einzelnen Tagen bedingt sei, ist nicht in jedem einzelnen Fall zu erbringen. Doch müssen diese Schwankungen als innerhalb der physiologischen Breite liegend angesehen werden. Zuntz und Lehmann konnten in ihren Versuchen am hungernden Menschen ähnliche Steigerungen des Gaswechsels mit hoher Wahrscheinlichkeit auf Darmreizungen zurückführen. — Es spielen aber natürlich noch andere bisher nicht aufgeklärte Momente mit.

Die höheren wie niederen Werthe kommen häufig genug, oft mehrere Tage hinter einander vor; es zeigte sich auch, in verschiedenen später zu besprechenden Hungerversuchen, dass diese höheren wie niederen Werthe den ganzen Tag über zur Beobachtung kamen. Differenzen von ähnlicher Höhe fand ja auch Speck in sehr zahlreichen Versuchen für Sauerstoff und Kohlensäure; ebensolche und höhere für die Kohlensäure Vierordt und Smith; auch letzterer sah mehr als einmal eine höhere Kohlensäureausscheidung sich über längere Zeit erstrecken. Solche Differenzen

Tabelle II.

Der Gaswechsel von W. in nüchternem Zustand.

No. des Versuchs	Datum	ccm O_2 p. Minute	ccm CO_2 p. Minute	RQ.	Dauer des Versuchs in Min.	Bemerkungen
19	? V. 91	219,1	177,9	831	44	
20	4.	230,8	177,8	769	48	
21	7.	222,4	176,3	779	50	
22	11.	238,5	178,2	747	44	
23	13.	210,0	154,8	737	50	
dito	„	209,8	151,3	720	141	Mittel aus 10 Tagesversuchen
24	4. VI. 91	233,8	169,5	725	43	
25	8.	224,2	177,0	791	44	
28	15.	210,8	162,5	771	55	
29	18.	241,9	176,8	730	95	
32	27.	(268,9)	(184,8)	(700)	50	ungewöhnlich hohe Werthe
33	29.	(268,0)	(187,5)	(700)	50	
34	4. VII.91	240,7	168,1	798	34	
35	13.	226,4	167,7	740	37	
36	15.	217,9	158,4	727	51	
37	27.	243,1	178,0	731	64	
38	5.VIII.91	208,1	158,8	764	71	
39	10.	214,9	163,5	761	39	
40	11. XI. 91	204,1	155,9	764	36	
41	17.	226,1	174,3	771	53	
dito	„	226,3	168,5	744	194	10 Tagesversuche
42	20.	225,7	173,3	768	35	
43	24.	226,5	175,6	779	48	
50	22. XII.91	204,3	162,7	797	77	
51	24.	216,7	154,6	714	54	
58	26. I. 92	207,4	165,7	800	59	
76	29. III. 92	229,8	183,2	797	63	
79	5. IV. 92	229,4	167,9	732	44	
81	7.	228,3	179,0	784	57	
88	19.	205,8	156,9	762	68	
dito	„	211,2	161,0	762	—	12 Tagesversuche
93	28.	207,9	154,2	743	72	24stündiger Versuch mit 3 Mahlzeiten
94	29.	204,3	165,8	812	53	
98	13. X. 92	208,3	157,4	756	69	
104	13. III. 93	204,3	158,7	777	63	
108	18.	207,5	166,5	80	39	24stündiger Versuch mit 3 Mahlzeiten
dito	„	205,1	182,2	89	20	
110	23.	215,6	177,1	82	64	
dito	„	217,6	163,9	75	496	Mittel aus 15 Tagesversuchen
dito	24.	237,1	171,2	72	37	
114	29.	217,7	164,5	76	63	
116	4. IV. 93	237,1	174,7	74	68	24stündiger Versuch mit 3 Mahlzeiten
dito	5.	222,5	187,8	84	31	
	Mittel	220,0	168,5	0,766	Mittel aus 41 Versuchen.	

finden sich übrigens nicht nur in diesen und ähnlichen kurzdauernden Versuchen, sondern auch in Experimenten der Münchener Schule, in denen unter scheinbar gleichen Bedingungen die CO_2-Ausscheidung eines ganzen Tages im Hunger zur Bestimmung gelangte. So schied ein Hund Rubners [1]) am 9. Mai 284,2 gr CO_2 (für 15° C. corrigirt) aus, und 20 Tage später unter „ganz den gleichen Bedingungen“ bei einer Temperatur von 17,3° 312,3 gr CO_2, d. h. genau 10% mehr, während er nach Rubners Angaben infolge der etwas höhere Temperatur 5–6% weniger hätte produciren sollen.

Der respiratorische Quotient hält sich fast stets zwischen 0,72 und 0,82; im Mittel ist er 0,766. In den meisten Normalversuchen von Speck liegt derselbe bedeutend höher [2]), aber in diesen Reihen sind zahlreiche Versuche nicht nüchtern angestellt worden; die von Speck selbst [3]) aus seinen besten Experimenten als „Norm“ aufgestellten Zahlen ergeben einen RQ. von 0,821; auch unter Berücksichtigung des Umstandes, dass der RQ. (s. oben) von mir etwas zu niedrig gefunden wird, übersteigt der Werth Specks den meinen um etwas. Es handelt sich wohl sicher um individuelle Unterschiede in der Ernährung und dem Körperzustand. Das Eiweiss betheiligt sich bei freigewählter (und nicht etwa durch Dürftigkeit etc. zu sehr beschränkter Kost) bei verschiedenen Menschen in annähernd gleicher Weise am Umsatz; je nachdem der einzelne Mensch nüchtern mehr Kohlenhydrate vom Körper hergeben kann, ist der RQ. höher wie bei Speck, oder niedriger wie bei W., trotzdem in der einfacheren Nahrung des letzteren wohl die Kohlenhydrate eine grössere Rolle spielten als bei jenem Arzt; speciell die Abendmahlzeiten von W. waren reich an Brod etc.; es gelang mir auch nicht, als ich einmal durch sehr reiche Fütterung mit Kohlehydraten (Reis etc.) während zweier Tage versuchte, die Kohlensäureausscheidung in die Höhe zu treiben, am 3. Morgen in nüchternem Zustand einen wesentlich höheren RQ. zu finden.

---

1) Rubner, Ueb. d. tägl. Variation d. Kohlensäure-Ausscheidg. etc. Ludwig's Festschrift 1887. S. 259 ff. Vergl. auch ähnl. Differenzen bei Hunden Rubner's, Zt. Biol. Bd. 19. S. 540 ff.

2) Speck, loc. cit. S. 211.

3) Speck, loc. cit. S. 215.

Auf einige Zahlen sei hier noch hingewiesen. Unter Nr. 23, 41, 88, und 110 finden sich je die Mittel aus 10—15 einzelnen während des ganzen Hunger-Tages angestellten Versuchen verzeichnet; sie stimmen jedesmal recht gut überein mit dem am gleichen Tage erhaltenen ersten „Nüchternwerth". Beachtenswerth sind auch Nr. (93 + 94) (108 + 108) (116 + 116). In allen 3 Fällen handelte es sich um 24 stündige Respirationsversuche mit freigewählter Kost. In den beiden ersten dieser Reihen fand sich nach 24 Stunden im nüchternen Zustand fast genau derselbe Sauerstoffverbrauch wie beim Beginn des Versuchs. (204,3 gegen 207,9 ccm; 205,1 gegen 207,5) im Versuche 116 war er am nächsten Morgen etwas geringer (222,5 gegen 237,1). Umgekehrt war in einer 24 stündigen Hungerreihe (Nr. 110) der Sauerstoffverbrauch am Ablauf des Tages, d. h. 36 Stunden nach der letzten Mahlzeit nicht unerheblich (10 %) höher, wie 12 Stunden nach derselben, d. h. beim Beginn des Versuchs (237,1 gegen 215,6 ccm).

In welcher Weise betheiligen sich das Eiweiss, das Fett und die Kohlenhydrate (als Stärke berechnet) des Körpers an der Bestreitung der Ausgaben im nüchternen Zustand? Im Mittel zahlreicher nicht zu sehr abweichender Bestimmungen schied W. nüchtern in der Stunde 0,357 gr N im Harn aus (in einer 24 stündigen Hungerreihe (12—36 Stunden einmal 9,186 gr N = 0,383 pro Std.). Der Stundenumsatz betrug also etwa 2,237 gr, der Minutenverbrauch 37,2 mgr Eiweiss [1]). Aus dieser Zahl, sowie den bekannten Zahlen, die angeben, wieviel ccm O_2 und CO_2 auf ein mgr Fett und Kohlenhydrate kommen (s. S. 9), lässt sich vermittels einfacher Rechnung finden, dass der Minutenumsatz bei W. etwa in folgender Weise gedeckt sein könnte:

Tabelle III.

	brauchen ccm O_2	liefern ccm CO_2	liefern Calorien
37,2 mgr Eiweiss	36,4	28,3	0,156 = 15 %
41,3 mgr K. h. als Stärke berechnet	34,2	34,2	0,170 = 16 „
74,3 mgr Fett	149,4	106,0	0,700 = 69 „
Summa	220,0	168,5	1,026 Calorien

1) Dazu käme allerdings noch ein kleines Plus für die N-Ausscheidung im Koth.

Daraus würde sich berechnen das calorische Aequivalent von

1 l O_2 zu 4,66, 1 l CO_2 = 6,09

1 gr O_2 „ 3,26, 1 gr CO_2 = 3,10

Der grösste Theil des Kraftwechsels (etwa $^2/_3$) würde also von Fett bestritten werden, das letzte Drittel etwa gleichmässig von Eiweiss und Kohlehydraten.

Wenn ich aus diesen Minuten-Zahlen durch Multiplication mit 1440 den 24 stündigen Ruheumsatz des nüchternen Mannes annähernd zu berechnen suche, so handelt es sich in der That eigentlich nur um eine Multiplication mit 24, da ja jene Minutenzahlen aus Versuchen abgeleitet sind, die meist über eine Stunde gedauert hatten. Dass der Umsatz in den verschiedenen Zeiten des Tages dem in der Frühe annähernd gleich ist, wird weiter unten bei Besprechung der Hungerreihen gezeigt werden (cf. auch in Tabelle II die Nr. 23, 41, 88 und 110).

Aus obiger Zahlen ergäbe sich so ein Tagesruheverbrauch ohne Nahrungsaufnahme von etwa

316,8 l O_2, 242,6 lit. CO_2

= 453 gr O_2, 477 gr CO_2 und 1477 Calorien.

Bei 56,5 kg trafen somit pro Tag und kg 26,1 Calorien [1]; Fr. Voit [2]) beziffert den mittleren Verbrauch an Calorien bei mittlerer Kost (und mittlerer Bewegung) zu 33—34 Calorien p. Kilo, Rubner [3]) bei recht starker Ernährung (und wohl schon recht erheblicher Arbeit) zu 42,4 Calorien (S. 379), für Hunger findet er (S. 369) 33 Calorien für jedes Kilo eines 70 Kilo wiegenden Mannes. Meine Zahl ist erheblich niedriger; sie würde sich, wie später gezeigt wird, durch Speisezufuhr um 10—15 % erhöhen; die dann noch bestehende Differenz kommt auf Rechnung der willkürlichen Bewegung. Wie gross diese für gewöhnlich bei meinem Mann gewesen, dafür kann ich keine direkten Angaben machen, und will auch dieselben nicht etwa aus einem Vergleich

1) Die Zahl stimmt sehr gut mit der von Lehmann und Zuntz (Virch. Arch. 129. Suppl. S. 210) bei längerem Hungern an dem Versuchsobjecte Breithaupt auf analoge Weise berechneten Grösse des Umsatzes in absoluter Ruhe (26,8 Cal. pr. Kilo im Durchschnitt der 6 tägigen Hungerperiode). Bei Cetti, einem sehr schlanken, beweglichen Menschen, fanden sie höhere Werthe zwischen 28 und 29 Cal. an den Tagen, an welchen der Stoffwechsel nicht durch Darmreizung erhöht wird.

2) Fr. Voit, Ztschr. f. Biologie. Bd. 29. S. 141.

3) Rubner, Ztschr. f. Biologie. Bd. 21.

mit den Münchener Bestimmungen ableiten; es wäre sehr wünschenswerth, durch Combination des Pettenkofer-Voit'schen und des von mir angewandten Verfahrens am gleichen Menschen und zur gleichen Zeit neues Material zu gewinnen, zur direkten, nicht rechnerischen Bestimmung, aus welchen einzelnen Posten sich der Gesammtumsatz am Tage zusammensetzt.

Herr Thierarzt Hecker hat — die ausführliche Publication seiner Arbeit steht bevor — die Oberfläche von W. gemessen und sie zu 1,8198 qm gefunden; zur Zeit der Aufnahme betrug das Gewicht 56,2 kg, die Meh'sche Constante k [1]) beträgt 12,40 d. h. ist nahezu identisch mit dem von Meh gefundenen Mittelwerth von 12,3; auf den qm Oberfläche trafen somit p. Tag 812 Wärmeeinheiten.

Die folgende Tabelle IV gibt eine Zusammenstellung der beim Hund 24 Stunden nach der letzten Nahrung erhaltenen Nüchternwerthe.

Tabelle IV.

Nr. des Versuchs	Datum	Gewicht in kg	ccm O_2	ccm CO_2	RQ.	Bemerkungen
	10. VI. 91	27—28	179,2	127,9	0,71	nicht ganz ruhig
	13.		163,1	115,1	0,71	ganz ruhig
	20.		(231,0)	(172,6)	(0,75)	sehr unruhig; Trachealwunde frisch aufgeschnitten
	24.		152,4	107,4	0,70	
	11. XII. 91	26,45	172,6	120,9	0,70	
	15.		176,3	127,8	0,73	
	21.		174,7	129,9	0,74	
	6. I. 92	26,60	171,7	122,6	0,72	
	11.		185,8	138,9	0,75	
	Mittel		172,0	123,8	0,72	Periode I.
	14. I. 92	26,8	191,7	141,7	0,74	
	15.	26,5	182,7	138,6	0,76	
	21.		(252,7)	(198,6)	(0,79)	durchaus ruhig; hohe Werthe; beim Durchschnitt nicht berücksichtigt
	22.		(205,5)	(159,2)	(0,78)	
	28.	27,7	(225,3)	(170,4)	(0,75)	
	29.	27,9	(235,1)	(181,6)	(0,77)	
	3. II. 92	27,0	184,5	142,0	0,77	
	5.	27,0	186,6	143,6	0,77	
	6.	26,7	182,7	135,5	0,74	Mittel aus 5 Nüchternversuchen Morgens, Mittags u. Abends
	8.	27,2	182,7	136,1	0,75	
	10.	27,4	187,1	137,7	0,72	dito
		Mittel	185,5	139,3	0,748	Periode II.

1) cf. Rubner, Ztschr. f. Biol. Bd. 19. S. 539. Bd. 21. S. 397.

No. des Versuchs	Datum	Gewicht in kg	ccm O_2	ccm CO_2	RQ.	Bemerkungen
	12. II. 92	25,4	155,7	112,5	0,72	Nach 72stündigem Hungern
	16.	26,5	160,0	126,7	0,79	
	18.	27,6	(243,6)	205,9	0,85	? Uebergangsperiode
	18.	—	172,0	131,9	0,77	
	21.	26,8	179,6	134,6	0,75	
	23. II. 92	26,8	162,7	127,8	0,79	
	1. III. 92	27,1	156,7	134,9	0,86	
	3.	27,5	158,8	130,0	0,82	
	8.	27,2	162,1	120,0	0,74	
	12.	26,5	158,7	126,1	0.80	
	15.	26,7	168,6	128,1	0,76	
	15.	—	164,2	120,1	0,73	Mittel aus 13 Tagesversuchen
	15.	26.2	148,5	109,3	0,74	Seit 38 Stunden nüchtern
	18.	26,6	156,6	114,1	0,73	
	26.	27,0	151,9	127,5	0,84	
	30.	26,6	155,2	121,9	0,78	
	3. IV. 92	27,4	158,2	129,4	0,82	
	8.	28,8(?)	152,9	123,0	0,81	
	9.	28,0	152,2	105,5	0,69	gestern blos 320 gr Speck gefress.
	11.	28,1	160,2	118,4	0,74	
	13.	28,0	149,4	119,7	0,80	
	—	—	157,5	120,4	0,765	Mittel aus 10 Tagesversuchen
	14.	27,9	155,8	114,0	0,73	
	16.	29,1(?)	166,4	155,8	0,94	
	20.	27,5	153,9	123,0	0,80	
	Mittel	27,5	157,5	123,5	0,784	Periode III.
97	13. X. 92	28,4	148,9	112,9	0,76	
99	14.	28,6	153,4	113,7	0,74	
—	15.	—	140,0	114,2	0,82	
100	17.	28,3	144,3	107,8	0,75	
—	18.	—	138,9	99,6	0,72	
101	19.	28,3	(166,8)	(119,1)	(0,72)	
102	20.	28,2	146,9	105,3	0,72	
—	21.	28,2	147,3	103,4	0,70	
103	22.	28,3	148,7	105,6	0,71	
—	23.	—	140,8	110,7	0,79	
		Mittel	145,5	108,1	0,746	Periode IV.
105	14. III. 93	29,6	146,6	114,1	0,78	
106	15.	29,7	139,3	113,1	0,81	
—	16.	—	143,9	100,5	0,70	
107	17.	29,7	147,4	115,1	0,78	
108	20.	29,2	149,3	110,8	0.74	
112	25.	—	(173,4)	(143,1)	(0,83)	?
113	27.	—	150,4	134,2	0,89	
115	30.	28,7	132,5	99,6	0,75	
		Mittel	144,2	112,5	0,78	Periode V.
	Periode	I	172,0	123,8	0,72	
		II	185,5	139,3	0,748	
		III	157,5	123,5	0,784	
		IV	145,5	108,1	0,746	
		V	144,2	112,5	0,780	

Die Zusammenstellung der in 5 verschiedenen Zeit- resp. Fütterungsperioden erhaltenen Werthe zeigt ein ungleiches Verhalten derselben. Die höchsten Werthe (185,5 ccm O_2, 139,3 ccm CO_2) finden sich in Periode II; hier erhielt der Hund während etwa 30 Tage ein sehr reichliches eiweissreiches Futter, 300 gr Fleischmehl und 700 gr frisches Fleich entsprechend 59,3 gr N, 66,0 gr Fett = 2150 Calorien. Die relativ hohen Werthe finden ihre Erklärung zum Theil in dem geringeren calorischen Aequivalent des zur Verbrennung von Eiweiss dienenden Sauerstoffs; weniger Eiweiss als hier kam (auch im nüchternen Zustand) in Periode I mit einem eiweiss- und energieärmeren Futter (200 gr Fleischmehl, 200 gr frisches Fleisch, 40 gr Fett = 31 gr N, 76,0 gr Fett = 1510 Calorien) zur Verwerthung, die Sauerstoffzahlen sind entsprechend niedriger. Weiterhin wurde eine sehr kohlehydratreiche Kost verabfolgt, so vom Februar bis März 1892: 500 gr Reis 200 gr fr. Fleisch 25 gr Fett = 11,4 gr N, 31 gr Fett, 400 gr. Stärke und 2100 Calorien. Hier betheiligte sich im nüchternen Zustand neben wenig Eiweiss mehr Fett am Ruheumsatz als in Periode II und I und zudem noch Kohlenhydrate; bei dem diesen beiden letzteren Stoffen zukommenden höheren calorischen Aequivalent des Sauerstoffs, sind die niederen Werthe (157,5 ccm O_2, 123,5 ccm CO_2 zum Theil verständlich; vielleicht gab der Hund in dieser Zeit auch etwas Eiweiss vom Körper her und ersetzte dies bei nur mässiger Gewichtszunahme durch Fett, ein Umstand, der einen geringeren Umsatz erklären würde; allerdings schien der Hund in dieser ganzen Zeit sehr fettarm zu sein; sämmtliche Knochen lagen scharf unter der Haut. In Periode IV und V, ein halbes resp. ein ganzes Jahr später ist der Gaswechsel wieder geringer: 145,5 ccm O_2, 108,1 ccm CO_2, resp. 144,3 ccm O_2 und 112,5 ccm CO_2. In beiden Reihen wurde nach vorausgegangenem reichlicherem Futter, das das Körpergewicht hatte deutlich steigen lassen (das subcutane Fettpolster hatte sichtlich zugenommen) N. arme kohlenhydratreiche knappe Kost (ca 1100—1200 Calorien) gegeben. In Periode V, deren Mittelwerthe denen von IV nahe liegen, kamen gelegentlich so niedrige Werthe zur Beobachtung, wie früher nicht. — Einen einzigen völlig zureichenden Grund für das allmähliche Absinken der Nüchternwerthe kann ich nicht geben; verschiedene Momente, wie veränderte Nahrung, verschiedener Eiweiss- und Fettbestand spielen hier sicher eine Rolle, deren Wirkung in ihrer Grösse im einzelnen nur in ad hoc ange-

stellten Versuchen zu ermitteln wäre. Auf ein Senilwerden des Hundes scheinen die Veränderungen kaum zurückzuführen zu sein, da der Hund auch jetzt noch einen sehr guten, lebhaften und frischen Eindruck macht.

Die ausserordentlich gleichmässigen Zahlen der Periode III sind in gleicher Weise, wie das oben für den Menschen durchgeführt ist, zur Berechnung des Tagesumsatzes bei Hunger und Ruhe benutzt worden. Auf Grund verschiedener directer Bestimmungen und Ueberlegungen (Versuche von Feder, Rubner u. a.) wurde der Ruheumsatz des Hundes zu 30 mgr Eiweiss pr. Minute angenommen und folgende Rechnung aufgestellt:

Tabelle V.

	brauchen ccm O_2	liefern ccm CO_2	liefern Calorien
30,0 mgr Eiweiss	29,4	22,9	0,126 = 17 %
40,28 mgr Kohlehydrate als Stärke berechnet	33,4	33,4	0,166 = 22½ %
47,09 mgr Fett	94,7	67,2	0,443 = 60½ %
	157,5	123,5	0,735

Daraus würden sich die calorischen Aequivalente berechen

für 1 l O_2 = 4,67, 1 l CO_2 = 5,95

für 1 gr O_2 = 3,27, 1 gr CO_2 = 3,03

Auch hier, bei einer sehr kohlehydratreichen Kost, sind ähnlich wie beim Menschen im nüchternen Zustand der grösste Theil (3/5; dort 2/3) des Ruheumsatzes vom Fett bestritten. Das Eiweiss betheiligt sich nach Rubner[1]) beim hungernden Thier mit etwa 14,4 % am Umsatz; mein Hund erhielt in dieser Reihe wenig Eiweiss, ca 70 gr pro Tag und befand sich somit am Ablauf eines Fütterungstages in Bezug auf das Eiweiss in ähnlicher Lage wie Rubner's längere Zeit hungernde Hunde; der Antheil des Protein am Energieumsatz konnte zu ca 17 % berechnet werden.

Der rechnungsmässige Tagesverbrauch ist etwa

226,8 l O_2, 177,8 l CO_2

= 324,3 gr O_2, 349,5 gr CO_2 = 1058 Calorien.

Bei einem mittleren Körpergewicht von 27,5 kg treffen auf das kg 38,5 Calorien. Rubner[1]) findet für seine länger hungern-

1) Rubner, Ztschr. f. Biologie. Bd. 19. S. 551.

den, daher wohl sehr ruhigen Hunde aus directen Bestimmungen einen Calorienumsatz von 35,7 per Kg für einen Hund von 31,2 kg und entsprechend von 40,9 für einen Hund von 24,1 Kilo Gewicht. Meine Zahl fügt sich gut zwischen diejenigen Rubner's ein. Eine zugeführte Nahrung, die dauernd ausreichen soll, muss natürlich einen höheren Energiegehalt haben, um die Verdauungsarbeit und die Muskelarbeit des Thieres zu bestreiten, und ist dann noch nicht „überschüssig".

Die Oberfläche des Thieres fand Herr Hecker zum Schluss jener eben besprochenen Periode III zu 1,1118 qm, sein Gewicht war zu dieser Zeit 27,095 kg, die Constante k = 12,32; bei einer directen Bestimmung hatte Rubner gefunden: das Gewicht eines Hundes zu 29,8 kg, die Oberfläche = 1,189 qm, k = 12,51; die Zahlen sind nahezu identisch; die berechnete Wärmeproduktion beträgt pro qm 952 Calorien bei meinem Hund; Rubner hat für den eben citirten Hund die Wärmeproduktion nicht bestimmt.

Auf einige Zahlen der Tabelle IV sei noch hingewiesen. In Periode II mit einer sehr eiweissreichen Nahrung finden sich am 21., 22., 28., 29. Januar enorm hohe, ganz aus der Reihe fallende Nüchternwerthe, die übrigens zur Bildung eines Mittels nicht herangezogen worden sind. Sie sind nicht völlig erklärt: die Wirkung der Nahrungszufuhr ist selbst bei so grossen Fleischgaben meist nach 24 Stunden abgeklungen; der Hund lag ganz ruhig. Wahrscheinlich lagen hier Störungen des Allgemeinbefindens vor; bei der grossen Eiweisszufuhr zeigten sich in dieser Zeit (sonst nie) gelegentlich diarhoische Entleerungen. — Am 9. April 1892 beträgt der R. Q. nur 0,69; der Hund hatte vor 23 Stunden 320 gr reinen Speck erhalten. — Die unter dem 15. März und 13. April 1892 verzeichneten Mittelwerthe aus 13 resp. 10 einzelnen Tagesversuchen stimmen mit dem Ausgangswerth des betreffenden Tages und mit dem Mittelwerth der ganzen Periode recht gut überein.

Der Gaswechsel in den einzelnen Tagesstunden bei Enthaltung von Nahrung.

Ueber dieses Thema liegen, speciell für den Menschen, nur sehr wenig Untersuchungen vor; weder Becher[1]), der ein Ansteigen der CO_2-Produktion um die Mittagszeit annimmt, noch Vierordt

1) Becher, Studien über die Respiration. Zürich 1855.

der ein solches verneint, haben ein verwerthbares Material geschafft. Ich habe in der Literatur nur eine Reihe stündlicher Bestimmungen der Kohlensäuremenge am hungernden Menschen gefunden, bei Smith[1]); nach einem Frühstück in der Frühe fand er per Minute ausgeschieden

Um	1 (Mittags)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11 (Abends)
grains CO_2	7,5	6,9	7,4	7,1	7,0	7,0	7,0	6,7	7,0	7,1	6,5

7 (früh)	8	9	10 Uhr Morgens
7,0	6,6	7,2	6,7

Für den Hund wies Rubner[2]) in 3 stündigen Untersuchungsperioden die Gleichmässigkeit der Kohlensäureexhalation im Verlauf des Tages und auch der Nacht nach. — Ich habe in einer grösseren Reihe von Versuchen beim Menschen und beim Hund die Sauerstoffabsorption und die Kohlensäureausfuhr während eines Tages ziemlich gleichmässig gesehen; beim Menschen finden Abweichungen der einzelnen Stundenwerthe von dem Nüchternwerth oder auch dem Mittel des ganzen Tages kaum statt; nicht ganz so gleichmässig verläuft der Sauerstoffverbrauch etc. beim Hund, immerhin ist die Curve dieser Zahlen noch genügend gradlinig und parallel der Abscisse, dass man eine regelmässige Steigerung des Gaswechsels und der Oxydationsprocesse zu gewissen Tageszeiten auch für den Hund mit Bestimmtheit verneinen kann. Tabelle 6 u. 7 (S. 34) enthalten eine Zusammenstellung der an verschiedenen Hungertagen in den einzelnen Tagesstunden gefundenen Sauerstoffmengen für Mensch und Hund. Die Tabellen 8 u. 9 (S. 35 u. 36) enthalten je ein ausführliches Protocoll einer solchen Hungerreihe mit sämmtlichen Angaben über Ventilationsgrösse, Sauerstoff- und CO_2-Austausch, Zusammensetzung der exspirirten Luft oder vielmehr die Angaben über deren CO_2 %-Gehalt und das Sauerstoffdeficit[3]) etc.

In Versuch 36 (Tabelle 6), ebenso in Versuch 85 (Tabelle 7) finden sich in der 4ten resp. 1ten Nachmittagsstunde etwas höhere Zahlen für den Sauerstoffverbrauch; beidemal findet sich in den Proto-

1) loc. cit. S. 697.

2) Ludwig's Festschrift. S. 259 ff.

3) Eine Aufführung sämmtlicher Protokolle wäre unthunlich; jeder Generaltabelle sollen jedoch charakteristische Protokolle von dazu gehörigen Einzelversuchen beigegeben und so eine detaillirte kritische Beurtheilung derselben ermöglicht werden.

General-Tabelle VI (zu S. 33).

Sauerstoffverbrauch des Menschen in den einzelnen Tagesstunden ohne Nahrungszufuhr (in ccm per Minute).

Nr. des Versuchs	Datum	Person	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	4	5	7 Uhr
2	12. XI. 90	O.	—	—	249,4	253,4	247,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	17.	O.	—	—	253,8	246,1	—	—	247,9	246,1	247,1		—	—	—	—	—	—	—	—	—
23	13. V. 91	W.	—	210,0	212,4	209,4	205,1	213,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
41	17. XI.	W.	226,1		231,6	224,1	220,3	220,4	235,0	221,9	231,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
36	15. VII. 91	W.	—	—	217,9	213,5		214,3	—	237,8	207,8		221,6	—	—	—	—	—	—	—	—
46	10. XII. 91	M. L.	227,5	—	—	—	—	—	230,3	—	—	234,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—
88	19. IV. 92	W.	205,8	—	196,5	207,5	212,4	212,1	216,2	218,8	216,6	220,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—
110	23. III. 93	W.	215,6	212,0	215,8	215,0	221,2	218,3	217,3	214,7	208,1	219,3	221,4	—	212,2		209,2		225,8		237,1

General-Tabelle VII (zu S. 33).

Sauerstoffverbrauch des Hundes in den einzelnen Tagesstunden ohne Nahrungszufuhr (in ccm per Minute).

Nr. des Versuchs	Datum	Person	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	4	5	7 Uhr
45	4. XII. 91	—	—	195,2	—	—	—	188,6		—	197,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
48	15. "	—	—	176,3	—	180,2	166,1	169,3	172,9	149,(?)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
62	5. II. 92	—	177,6	—	—	—	185,9	—	—	—	—	186,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—
63	10. "	—	—	185,7	—	183,1	184,7	—	—	191,6	—	—	191,3	—	—	—	—	—	—	—	—
63	11. "	—	—	190,6	—	—	171,0	—	—	—	—	—	182,5	—	—	—	—	—	—	—	—
85	13. IV. 92	—	149,4	—	173,0	159,3	182,8[1]	160,1	158,0	156,1	157,7	151,4	160,5	—	—	—	—	—	—	—	—
73	15. III. 92	—	—	—	168,6	—	177,8	—	166,6	149,8	—	—	—	164,6	—	148,5	—	—	—	—	—
115	30. "	[2] —	132,5	—	—	—	131,2	—	—	—	—	134,9	—	—	—	136,8	128,0	—	—	120,8	—

1) Unruhe. 2) ungewöhnlich niedrige Werthe in der ganzen Reihe.

Special-Tabelle VIII (zu S. 33).
Hungerversuch am Menschen (W. Nr. 110) 2. III. 93..

Nr. d. Versuchs	Zeit des Versuchs	Dauer d. Versuchs in Minuten[1])	Athemgrösse[2]) in ccm	O_2-Deficit in %	CO_2-Plus in %	O_2-Verbrauch in ccm [2])	CO_2-Verbrauch in ccm [2])	RQ.	Zunahme[3]) d. O_2-Verbrauchs in %	Zunahme[3]) d. CO_2-Production in %	Bemerkungen
1	9,3	30	6255	3,44	3,11	215,2	194,5	0,90	—	—	ungewöhnl. hoher sonst bei W. früh nie beobachteter R Q.[4]).
2	9,35	34	5346	4,04	2,99	216,0	159,8	0,74	—	—	
			Nüchternwerth			**215,6**	**177,1**	**0,82**	—	—	Gewicht ca. 57 kg; gestern Abend 8 U.: Brodsuppe, Butterbrod; nüchtern seit 13 Stunden.
3	10,9	35	5341	3,97	3,15	212,0	168,2	0,79	— $1^1/_2$	— 5	
4	11,48	22	5708	3,78	2,78	215,8	158,7	0,74	+ 0	— 10	
5	12,46	20	5672	3,79	2,84	215,0	164,8	0,75	+ 0	— 7	
6	1,40	18	6338	3,49	2,68	221,2	169,9	0,77	+ $2^1/_2$	— 4	
7	2,48	21	5569	3,92	3,03	218,3	168,7	0,77	+ $1^1/_2$	— 5	
8	3,49	24	4950	4,39	3,37	217,3	166,8	0,77	+ 1	— 6	
9	4,50	24	4936	4,35	3,23	214,7	159,4	0,74	+ 0	— 10	
10	5,41	26	4416	4,71	3,64	208,1	160,7	0,77	— $3^1/_2$	— 9	
11	6,44	25	4579	4,80	3,70	219,5	169,4	0,77	+ 2	— 5	
12	7,55	19	6306	3,51	2,43	221,4	153,2	0,69	+ 3	— 13	200 ccm Wasser getrunken.
13	9,45	20	5712	3,84	2,68	219,4	153,1	0,70	—	—	
14	10,6	23	4524	4,63	3,08	209,5	139,4	0,67	—	—	schläft; niedrige Athemgrösse u. RQ.
15	10,30	20	4945	4,20	3,01	207,7	148,8	0,72	—	—	
		63				*212,2*	*147,1*	*0,69*	— $1^1/_2$	— 20	
16	nachts 12,58	19	4960	4,29	3,02	212,8	149,8	0,70	—	—	zum Theil geschlafen.
17	1,19	20	4987	4,08	2,96	203,5	147,6	0,73	—	—	
18	1,41	17	5114	4,13	3,13	211,2	160,1	0,76	—	—	
		56				*209,2*	*152,5*	*0,73*	— 3	— 14	
19	4,16	21	5397	4,16	3,16	224,5	170,5	0,76	—	—	zum Theil geschlafen.
20	4,39	21	5485	4,14	3,14	227,1	172,2	0,76	—	—	
		42				*225,8*	*171,4*	*0,76*	+ 5	— 3	
21	7,1	18	6666	3,62	2,67	241,3	178,0	0,74	—	—	
22	7,21	19	6295	3,70	2,61	232,9	164,3	0,71	—	—	
		37				*237,1*	*171,2*	*0,72*	+ 10	— 3	
Mittel aller Versuche . . .						**217,6**	**163,9**	**0,753**			

1) Dauer des eigentlichen Versuches excl. der „Vorathmung".

2) Sämmtl. Zahlen auf 0°, 760 mm Hg, u. Trockenheit reducirt p. Min.

3) Die Zunahme des Gasaustausches in % des „Nüchternwerthes" berechnet.

4) In Folge der in Versuch I erfolgten sehr hohen CO_2-Ausscheidung bleiben an diesem Tage die Werthe der CO_2-Production etwas stärker gegen den Anfangswerth zurück, als es sonst der Fall ist.

Harnausscheidung dieses Tages (zu Tab. VIII).

Zeit	Menge	N	N per Stunde	
9—3	390	2,366	0,394	
3—9	280	2,160	0,360	
9—8	370	4,272	0,389	
8—9	34	0,388	0,389	berechnet aus d. vorigen Zeile
9—9	1074	9,186	0,383	
			0,357	mittlere N-Ausscheidung pro Stunde im nüchternen Zustand.

Anm. Bei den Versuchen mit erhöhter Lungenventilation ist der O_2-Verbrauch regelmässig höher als bei niedriger. Nach einer Berechnung von Prof. Zuntz ergiebt das Mittel aus 9 Versuchen mit über 5,5 l Ventilation und dasjenige von 8 Versuchen mit einer Athemgrösse unter 5 l

1. Athemgrösse 6058 ccm; O_2-Verbrauch 222,3
2. „ 4787 „ „ „ 211,7

Differenz 1271 ccm; O_2-Verbrauch 10,6

mithin für 1 l Exspirationsluft mehr 8,4 ccm O_2, was mit Speck's Zahl übereinstimmt, diejenige Löwy's etwas übertrifft.

Special-Tabelle IX (zu S. 33).
Hungerversuch am Hund (Nr. 85). 13. IV. 92.

Nr. d. Versuchs	Zeit	Dauer d. Versuchs in Min.	Athemgrösse in ccm	O_2-Deficit in %	CO_2-Plus in %	O_2-Verbrauch in ccm	CO_2-Production in ccm	RQ.	Zunahme d. O_2-Verbrauchs in %	Zunahme des CO_2-Verbrauchs in %	Temp. d. Hundes im Anus	Bemerkungen
1	9,20	28	2949	5,00	3,96	147,5	116,8	0,79	—	—	—	nüchtern seit 25 Stunden.
2	9,51	25	3301	4,58	3,71	151,2	122,5	0,81	—	—	—	Gewicht 28 Kilo.
			Nüchternwerth[1])			**149,4**	**119,7**	**0,80**	—	—	37,5	
3	11,0	30	2841	6,09	4,35	173,0	123,6	0,71	+ 16	+ 3	37,8	
4	12,0	26	2880	5,53	4,19	159,3	120,7	0,76	+ 6½	+ 1	38,1	
5	1,0	25	3027	6,04	4,51	182,8	136,5	0,75	+ 22	+ 14	38,3	Unruhe d. Thieres
6	2,0	26	2889	5,54	4,17	160,1	120,5	0,75	+ 7	+ ½	38,1	
7	3,31	28	2837	5,57	4,23	158,0	120,0	0,76	+ 6	+ 0	—	
8	4,2	26	3104	5,03	4,06	156,1	126,0	0,81	+ 4½	+ 5	37,8	
9	5,2	26	3122	5,05	3,93	157,7	122,7	0,78	+ 5½	+ 2½	38,0	
10	6,3	27	2723	5,56	4,10	151,4	111,7	0,74	+ 1½	— 7	37,9	
11	7,2	27	2857	5,62	4,17	160,5	119,1	0,74	+ 7½	— ½	38,2	
Mittel d. 10 Tagesversuche unter Ausschlus von Nr. 5						157,5	120,4	0,765	—	—	—	

1) In Folge des für diese Periode etwas niederen „Nüchternwerthes" ist der Sauerstoffverbrauch am Tage etwas höher als in der 9 Stunde; das ist sonst nicht der Fall. cf. Tabelle VII.

kollbüchern „Unruhe" vermerkt. Für das Absinken des Werthes in der 4. Mittagsstunde in Reihe 48 (Tabelle 7) kann ich keinen zureichenden Grund angeben. Versuch 88 (Tabelle 6) zeigt ein allmähliches Ansteigen des Sauerstoffverbrauches von einem niedrigeren Anfangswerth bis zu dem durchschnittlichen Nüchternwerth jener Zeit. In Reihe 110 (ebendort) ist der Bedarf in allen Tages- und den ersten Nachtstunden fast identisch; über Nacht steigt er und übertrifft am nächsten Morgen denjenigen des vorigen um ca 10 %. Auf eine ausführliche Wiedergabe der entsprechenden Zahlen für die Kohlensäureabgabe glaube ich verzichten zu dürfen, da dieselbe dem O_2-Verbrauch annähernd parallel gehen; der RQ. schwankt kaum, oder sinkt, wie leicht verständlich, im Lauf des Tages langsam ab; ich verweise diesbezüglich auf Tabelle 8 und 9. — In Nr. 110 und 115 kamen auch Nachtstunden zur Beobachtung; dasselbe war gelegentlich der Fall in 3 weiter unten mitzutheilenden Reihen vom Menschen mit voller Ernährung; mehrfach hatte der Hund wie der Mensch während dieser Versuche leicht geschlafen (gelegentlich wohl auch am Tage); in allen diesen Fällen blieb der Sauerstoffverbrauch nur um wenige (ca. 5 beim Menschen, 10 beim Hund) Procente hinter dem Nüchternwerthe des betreffenden Tags zurück; die Differenz erklärt sich zur genüge aus der geringeren Lungenventilation und dem Fortfallen gelegentlicher kleiner, im wachen Zustand vielleicht doch nicht ganz vermiedener Bewegungen. Ob im tiefen Schlaf eine weitere Abnahme der Umsetzungen stattfindet, ist fraglich, aber nach den Erfahrungen Löwy's jedenfalls in erheblicherem Masse unwahrscheinlich. Ich glaube mit Loewy, der kurz die älteren Angaben kritisch bespricht, dass „der Schlaf an sich keinen specifischen Einfluss auf den Ablauf der Oxydationen im Organismus ausübt"[2]).

Die Kohlensäureabgabe, der Sauerstoffverbrauch, die N-Ausscheidung, die Wärmeproduktion (cf. Rosenthal[3])) unterliegen beim hungernden Menschen und Hund keinen wesentlichen Tagesschwan-

---

1) A. Loewy, Schlafmittel etc. Berl. klin. Wochenschr. 1891. No. 18.

2) Die einzigen davon abweichenden Beobachtungen finden sich bei Smith loc. cit. S. 692; er findet unter, wie es scheint, ganz gleichen Bedingungen die CO_2-Production im Schlaf erheblich geringer als im Wachen; die Angaben dieses sorgfältigen Forschers würden eine eingehendere Nachprüfung wohl verlangen.

3) Rosenthal, Calor. Untersuch. du Bois' Archiv. 1889. S. 160.

kungen; dies Factum erlaubt in den nun folgenden Respirationsversuchen mit Aufnahme von Nahrung, die nach derselben vorhandenen Werthe des Umsatzes direct mit denen vorher zu vergleichen. — Für die Katze liegt eine Untersuchungsreihe von Tannert[1]) vor, der an je 3 Tagen am hungernden Thier die CO_2-Ausfuhr in 2 stündlichen Perioden über den Tag verfolgte; seine 3 Tagesreihen stimmen gut mit einander überein; er findet eine „dem Ablauf der Tageszeiten parallel gehende, physiologische Tagessteigerung und Tagesabnahme der Kohlensäureausscheidung"; die Differenzen in den einzelnen Stunden sind sehr erheblich. Es verhalten sich die in 2stündigen Perioden ausgeschiedenen Kohlensäuremengen zu einander wie folgende Zahlen:

Zeit	6-8	8-10	10-12	12-2	2-4	4-6	6-8 Uhr
Relative Zahlen d. CO_2	125	165	180	159	145	115	100.

Eine Differenz von 1,08 bis 0,60 gr CO_2 per Stundenkilo, d. h. eine Abnahme um ca. 44 % von der Mittagszeit bis zur 8ten Stunde hätte andern Autoren kaum entgehen können, wenn sie die Regel wäre. Bidder und Schmidt[2]) haben in ihren klassischen Versuchen an der Katze am hungernden Thier die CO_2 Ausscheidung zu verschiedenen Stunden des gleichen Tages an einer Reihe von Tagen bestimmt; sehr häufig liegen Bestimmungen grade aus der 12ten und 20ten Stunde[3]) des gleichen Tages vor; mit Ausnahme der zwei letzten Tage kommen Stunden-Differenzen in der CO_2-Ausscheidung am Tage, die 10% übersteigen, kaum vor, in Versuchen, die alle Tageszeiten, Mitternacht, Morgen, Mittags und Abends umfassen. Auch für die wirklich ruhige Katze scheint das Gesetz von der Gleichmässigkeit des Umsatzes am Tage zu gelten; die Zahlen Tannert's sind zum mindestens nicht allgemeingültig; es ist mir wahrscheinlich, dass die Lebhaftigkeit der Bewegungen von Tannert's Katze mit dem Ablauf der Tagesstunden in regelmässiger Weise ab und zunahm, und so eine regelmässige stark gekrümmte Curve der CO_2-Produktion hervorrief.

---

1) Tannert, Ueber d. Aenderung der Kohlensäureausscheidung etc. Dr.-Dissert. Erlangen 1890.

2) Bidder u. Schmidt, Die Verdauungssäfte. Mitau 1852. S. 296 ff. u. S. 341 Anm.

3) Also grade denjenigen Stunden, für die Tannert die grösste Differenz gefunden hat.

Der Gaswechsel bei Aufnahme von Fett.

Für Fütterung mit Fett wurde beim Hund ausschliesslich ganz fleischfreier, sehr fetter Speck verwandt, der in Würfel geschnitten roh mit Gier gefressen wurde (93,7—94,4 % Fett, 1,63—1,94 % Eiweiss[1]). Dieses ausschliessliche Fettfutter wurde jeweils nur einen Tag gereicht, um jede Störung der Darmthätigkeit zu vermeiden. 5 mal wurden sehr grosse Mengen Speck (310—378 gr, entsprechend 290—350 gr Fett, gleich 2700—3300 Calorien) gereicht, einmal (Nr. 100) 140 gr Speck (= 130 Fett = 1200 Calorien). Unzuträglichkeiten, wie Diarrhoen, traten nie ein. — Dem zur Verbrennung von Leibessubstanz des „nüchternen Hundes" dienenden Sauerstoff kommt pro Gramm ein calorisches Aequivalent von ca. 3,27 Calorien zu (s. S. 9); ebenso gross ist dasselbe für reines Fett (3,27); es ändert sich also, wenn nach der Fütterung allmählich Fett in immer stärkerem Mass zur Verbrennung gelangt, das calorische Aequivalent des verbrauchten Sauerstoffs nur sehr wenig, da ja bei Fettfütterung auch noch etwas Eiweiss zersetzt wird, ein Steigen oder eine Verminderung des Sauerstoffverzehrs bedeutet eine nahezu ebenso grosse Zu- resp. Abnahme der Wärmeproduktion. Die folgende Tabelle 10 (S. 40) enthält den in diesen Versuchen am Hund beobachteten stündlichen Sauerstoffverbrauch in absoluten wie relativen Zahlen (Zu- resp. Abnahme desselben in % des Nüchternwerthes, sowie die entsprechenden respiratorischen Quotienten). Tabelle 11—13 (S. 42 u. 43) sind 3 ausführliche Protokolle über Fettversuche.

Bei einer den Bedarf[2]) nicht überschreitenden Zufuhr (1200 Calorien, Versuch Nr. 100) ist die Erhöhung des Sauerstoffverbrauchs sehr gering und nur in der 5—9. Stunde in Höhe von ca. 10 %

1) Der von König angegebene viel niedrigere Fett- und höhere Eiweissgehalt kommt wohl dem noch ziemlich stark mit Muskelfasern durchwachsenen Speck zu; für rein ausgeschnittenen Speck finde ich den obigen ähnliche Zahlen bei Meissl, Hofmann, Schulze u. Reinken, Henneberg u. a. mehr.

2) Wenn ich auch den wirklichen Bedarf bei Nahrungszufuhr beider bei Stärke und Eiweissnahrung etwas höher schätze, als die oben (S. 31) berechneten 1050 Calorien, so bin ich doch bei Versuchen, die über die Wirkung „zureichender" Nahrung entscheiden sollten, über dies „Ruhe-Nüchternbedürfniss" nicht oder nur wenig herausgegangen, um in solchen Versuchen möglichst ähnlich wie Rubner zu arbeiten.

General-Ta

Der Gaswechsel beim Hun

I. Die absolute Grösse d

Versuchs Nr.	Datum.	Gewicht des Hundes in kg	Verzehrter Speck in gr.	„Nüchternwerth."	1	2	3	4	5	6	7	8	9
49	21. XII. 91	—	375	174,7	183,9	196,2	187,6	183,9	186,6	—	187,0	187,9	—
64[1])	12. II. 92	25,4[1])	325	155,2	—	166,9	169,2	185,9	171,7	172,6	185,8	217,5?	165,1
77	30. III. 92	26,6	320	155,2	—	—	—	—	—	—	—	—	182,2
78[2])	3. IV. 92	27,4	325	158,2	—	—	—	—	—	—	—	—	169,4
82[2])	8. IV. 92	28,8	310	152,9	162,1	162,3	157,6	174,5	179,1	174,8	173,6	178,4	168,9
100	17. X. 92	28,3	140	144,3	144,7	151,8		141,3	160,1		161,5	156,0	

Die %tische Steigerung d

Versuchs Nr.	Datum.	Gewicht	Speck	Nüchternwerth	1	2	3	4	5	6	7	8	9
49	—	—	—	—	+ 5	+12	+ 7½	+ 5	+ 7	—	+ 7	+ 7½	—
64	—	—	—	—	—	+ 7	+ 8½	+19½	+10	+11	+19½	+40?	+ 6
77	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+17½
78	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 7
82	—	—	—	—	+ 6	+ 6	+ 3	+14	+17	+14	+13½	+17	+ 9
100	—	—	—	—	+ 0	+ 5		− 2	+ 11		+12	+ 8	

Der Respiratorisch

Versuchs Nr.	Datum.	Gewicht	Speck	Nüchternwerth	1	2	3	4	5	6	7	8	9
49	—	—	—	0,74	0,72	0,73	0,72	0,70	0,70	—	0,70	0,75	—
64	—	—	—	0,72[1])	—	0,70	0,75	0,70	0,69	0,72	0,70	0,68	0,67
77	—	—	—	0,78	—	—	—	—	—	—	—	—	0,70
78	—	—	—	0,82	—	—	—	—	—	—	—	—	0,69
82	—	—	—	0,81	0,76	0,78	0,77	0,76	0,75	0,71	0,72	0,73	0,73
100	—	—	—	0,75	0,77	0,71		0,71	0,73		0,69	0,69	

1) 72 Stunden nach einer sehr reichen Fleischfütterung.

2) Nüchternwerth Abends ca. 10 Uhr nach 24 stündigem Hungern bestimmt, dann ge-

belle X (zu S. 39).

nach Aufnahme von Fett.

uerstoffverbrauchs (in ccm).

10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	22	24	Stunden nach Nahrungs-aufnahme.
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
178,1	176,1	171,2	178,4	181,5	—	—	—	—	—	—	—	
175,3	165,4	170,5	171,8	—	—	—	167,9	167,8	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	152,2	
149,6	135,4		147,2	—	143,6	—	—	137,0		138,9	—	
uerstoffverbrauchs beträgt:												
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
+ 15	+13½	+ 10	+15	+17	—	—	—	—	—	—	—	
+ 11	+ 4½	+ 8	+8½	—	—	—	+ 6	+ 6	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 0	
+ 3	— 6		+2	—	— ½	—	—	— 5		— 4	—	
otient beträgt:												
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
0,72	0,74	0,71	0,73	0,72	—	—	—	—	—	—	—	
0,71	0,72	0,73	0,72	—	—	—	0,69	0,70	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,69	
0,72	0,70		0,69	—	0,67	—	—	0,72		0,72	—	

üttert; die Bestimmungen der 9ten—18ten Stunden fallen also in die Tagesstunden.

Special-Tabelle XI (zu S. 39).

Versuch mit Fettfütterung beim Hund (Nr. 82) (grosse Ration). 8. IV. 92.

Nr. des Vers.	Zeit desselben	Dauer in Min.	Athemgrösse ccm	O_2-Deficit %	CO_2-Plus %	O_2-Verbrauch ccm	CO_2-Production ccm	RQ.	Zunahme		Stund. nach d. Fütterung	Temperatur im Anus	Bemerkungen
									d. O_2-Verbrauchs %	d. CO_2-Prod. %			
1	9,32	25	3304	4,76	3,82	157,3	126,2	0.80	—	—	—	—	nücht. seit 25 St.
2	10,00	26	3292	4,51	3,64	148,5	119,8	0,81	—	—	—	37,8	Gewicht 28,0
			Nüchternwerth			**152,9**	**123,0**	**0,81**	—	—	—	—	10^{45} 220 gr Speck
3	11,19	26	3268	4,96	3,78	162,1	123,5	0,76	+6	+½	1—	37,9	
													12^{0} weitere 90 gr Speck
4	12,36	26	3366	4,82	3,78	162,3	127,2	0,78	+6	+3½	2—	37,6	
5	1,26	24	3512	4,49	3,46	157,6	121,5	0,77	+3	−1	3—	37,6	
6	2,39	24	3598	4,85	3,68	174,5	132,4	0,76	+14	+8	4—	38,1	
7	3,44	20	4652	3,85	2,87	179,1	133,5	0,75	+17	+8½	5—	38,2	etwas erhöhte Athemgrösse
8	4,29	23	3768	4,64	3,31	174,8	124,7	0,71	+14	+1	6—	38,1	
9	5,30	24	3694	4,70	3,37	173,6	124,5	0,72	+13½	+1	7—	37,7	
10	6,24	24	3310	5,39	3,91	178,4	129,4	0,73	+17	+5	8—	37,6	
11	7,15	26	3280	5,15	3,78	168,9	124,0	0,73	+9	+1	9—	37,5	

Special-Tabelle XII (zu S. 39).

Versuch mit Fettfütterung beim Hund (Nr. 77) (grosse Ration). 30. III. 92.

Nr. des Vers.	Zeit desselben	Dauer in Min.	Athemgrösse ccm	O_2-Deficit %	CO_2-Plus %	O_2-Verbrauch ccm	CO_2-Production ccm	RQ.	Zunahme		Stund. nach d. Fütterung	Temperatur im Anus	Bemerkungen
									d. O_2-Verbrauchs %	d. CO_2-Prod. %			
	Abds												
1	11,24	20	2687	5,60	4,28	150,5	115,0	0,76	—	—	—	—	nücht. seit 25 St.
2	11,46	18	2950	5,33	4,24	157,2	125,1	0,80	—	—	—	—	Gewicht 26,60
3	12,06	18	3009	5,25	4,17	158,0	125,5	0,79	—	—	—	38,25	
	31. III. früh		**Nüchternwerth**			**155,2**	**121,9**	**0,78**	—	—	—	—	12^{30} Nachts: 320 gr sehr fett. fleisch- und schwartefreien Speck
4	9,36	28	2967	6,14	4,29	182,2	127,3	0,70	+17½	+4½	9	38,35	
5	10,36	26	3250	5,48	3,94	178,1	128,1	0,72	+15	+5	10	38,25	
6	11,39	26	3266	5,39	3,96	176,1	129,3	0,74	+13½	+6	11	38,30	
7	12,43	27	3079	5,56	3,94	171,2	121,3	0,71	+10	−½	12	38,30	
8	2,02	25	3354	5,32	3,86	178,4	129,5	0,73	+15	+6	13	38,25	
9	3,02	28	3217	5,64	4,03	181,5	129,2	0,72	+17	+6	14	38,20	

Special-Tabelle XIII (zu S. 39).

Versuch mit Fettfütterung beim Hund (Nr. 100) (kleine Ration) 17. X. 92.

Nr. des Vers.	Zeit desselben	Dauer in Min.	Athemgrösse ccm	O_2-Deficit %	CO_2-Plus %	O_2-Verbrauch ccm	CO_2-Production ccm	RQ.	Zunahme d. O_2-Verbrauchs %	Zunahme d. CO_2-Prod. %	Stund. nach d. Fütterung	Temperatur im Anus	Bemerkungen
1	8,45	32	2567	5,46	4,10	140,2	105,3	0,75	—	—	—	—	nücht. seit 25 St.
2	9,17	30	2793	5,31	3,95	148,3	110,3	0,74	—	—	—	38,3	Gewicht 28,3
			Nüchternwerth			**144,3**	**107,8**	**0,75**	—	—	—	—	9[50] 140 gr sehr fetter Speck
3	10,33	30	2710	5,34	4,09	144,7	110,8	0,77	+0	+3	1	—	
4	12,05	30	2701	5,62	4,00	151,8	108,0	0,71	+5	+0	2½	38,1	Der Hund hat
5	1,28	33	2434	5,80	4,14	141,3	100,8	0,71	—2	—6½	4	—	währ. sämmtl.
6	3,00	29	2859	5,60	4,06	160,1	116,1	0,73	+11	+8	5½	38,1	Versuche ausser-
7	4,37	34	2516	6,42	4,40	161,5	110,7	0,69	+12	+3	7	—	ordentlich ruhig
8	6,19	31	2431	6,42	4,43	156,0	107,7	0,69	+8	+0	8½	38,2	gelegen; auch
9	7,33	32	2521	5,91	4,27	149,0	107,6	0,72	+3	+0	10	—	ausserhalb der
10	9,07	36	2306	5,87	4,09	135,4	94,3	0,70	—6	-12½	11½	38,1	Versuchszeiten
11	10,30	33	2386	6,17	4,27	147,2	101,9	0,69	+2	—5½	13	—	blieb er tags-
12	12,48	30	2426	5,92	3,99	143,6	96,8	0,67	—½	—10	15	37,9	über fast
13	4,04	30	2416	5,67	4,10	137,0	99,1	0,72	—5	—8	18½	37,6	dauernd auf dem
14	7,44	34	2472	5,62	4,03	138,9	99,6	0,72	—4	—8	22	—	Sopha

deutlich sichtbar. In den andern fünf Reihen überstieg die Zufuhr den Bedarf (im Sinne Rubners) um ca 150—200%. Die Steigerung der Oxydation aber bleibt sehr gering, geht nie über 20% heraus[1]); auch hier ist die Wirkung in den ersten drei Stunden ziemlich klein, um von der 4ten an sich längere Zeit auf etwas grösserer Höhe zu halten, in der 13ten u. 14ten Stunde ist die Wirkung noch nicht abgeklungen, in der 17ten u. 18ten Stunde aber nicht mehr erheblich; bei so grossen Fettmengen dauert ja auch nach Zawilski die Resorption sehr lange, ist selbst nach 24 Stunden noch nicht beendet; einmal beobachtete ich 24 Stunden nach dem Beginn eines Versuchs (Nr. 82) genau den Anfangswerth des Sauerstoffverbrauchs wieder (152,2 und 152,9 ccm O_2). Im Durchschnitt aller 18 Stunden übersteigt die Zunahme der Wärmeproduktion nicht 10% und ist jedenfalls für 24 Stunden noch geringer. In sämmtlichen Reihen sinkt der RQ. von einer etwas grösseren Höhe

1) Der eine ganz aus der Reihe fallende Werth von 217,5 ccm O_2 in der 8. Stunde der Reihe Nr. 64 ist wahrscheinlich dadurch bedingt, dass der Hund kurz vor diesem Versuch bei strenger Winterkälte heruntergeführt worden war, und dann viel (600 ccm) sehr kaltes Wasser getrunken hatte.

im nüchternen Zustand auf Werthe, wie sie einer fast ausschliesslichen Verbrennung von Fett (0,708) zukommen (0,68—0,73).

Das Resultat dieser Versuche stimmt ziemlich scharf mit denen Rubners überein. R. fand[1]) zweimal, als er einen Hund mit einer nicht ganz zureichenden Menge Butterfett fütterte, die CO_2 Produktion (und, wie aus den Bedingungen dieser Experimente hervorgeht, annähernd auch den Wärmeumsatz) in den ersten 9 Stunden nach der Aufnahme um 5 resp 6 % erhöht, verglichen mit derjenigen Menge, die in den letzten 6, der Fütterung vorausgegangenen Stunden producirt worden war; das Maximum der Steigerung lag in der 4. bis 6. Stunde. Bei abundanter Kost, die das Bedürfniss um ca. 55% überstieg[2]), stieg der Wärmeumsatz um 6,8 %; bei sehr hoher Zufuhr[3]) (200 gr Speck für einen Hund von 11 kg) um 19 %; um 9% bei einem mit 100 gr Speck gefütterten Hund von 7 kg[4]): derselbe Hund zeigte keinen vermehrten Umsatz, als er nur genügende Mengen von Fett erhielt.

Ebenso klar und eindeutig sind die Versuche am Menschen; in allen 3 Fällen wurden grosse Mengen von Fett gegeben, in Nr. 21: 210 gr Speck, dazu 30 gr Weissbrod und 8 ccm Alkohol; in 39: 210 gr Butter, in 81: 100 gr Speck ohne jede Zuthat; nur in dem ersten Versuch trat keine Störung ein, nach Beendigung des zweiten und dritten kam es zu Diarrhoen.

General-Tabelle XIV.

Der Gaswechsel beim Menschen nach Aufnahme von Fett.

I. Die absolute Grösse des Sauerstoffverbrauchs (in ccm).

<table>
<tr><th rowspan="2">Nr.</th><th rowspan="2">Datum</th><th rowspan="2">Zufuhr</th><th rowspan="2">Nüchternwerth</th><th colspan="8">Stunden nach Nahrungsaufnahme</th></tr>
<tr><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th><th>8</th></tr>
<tr><td>21</td><td>7.V.91</td><td>210 gr Speck[5])</td><td>226,4</td><td>228,9</td><td colspan="2">236,1</td><td>238,0</td><td colspan="2">240,0</td><td>246,5</td><td>248,1</td></tr>
<tr><td>39</td><td>10.XI.91</td><td>210 gr Butter[6])</td><td>214,9</td><td>233,9</td><td>229,2</td><td>242,6</td><td>213,4</td><td>270,3?</td><td>234,9</td><td>245,7</td><td>—</td></tr>
<tr><td>81</td><td>7.IV.92</td><td>100 gr Speck[7])</td><td>228,3</td><td>236,4</td><td>242,6</td><td colspan="2">235,2</td><td>228,3</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td></tr>
</table>

1) Ludwig's Festschrift. 1887. S. 259 ff.
2) Sitzber. d. Münchener Akad. 1885. S. 542 ff.
3) Ztschr. f. Biologie. Bd. 19. S. 329.
4) Ztschr. f. Biologie. Bd. 19. S. 335.
5) Zum Schluss 30 gr Weissbrod, 8 gr Alkohol in 20 gr Wasser; keinerlei Störung vor und nach dem Versuch. Der Speck hatte 93 % Fett.
6) Ohne jede Zuthat; von der 4. Stunde an flau und unbehaglich. Abends nach Schluss des Versuches Diarrhoe.
7) Ohne jede Zuthat; nach Schluss des Versuches Diarrhoe.

II. Zunahme des Sauerstoffverbrauchs in %.

Nr.	Datum	Zufuhr	Nüchternwerth	Stunden nach Nahrungsaufnahme: 1	2	3	4	5	6	7	8
21	—	—	—	+ 1	+ 4½ (2–3)		+ 5½	+ 6 (5–6)		+ 9	+ 9½
39	—	—	—	+ 9	+ 7	+ 13	— 1	+ 26?	+ 9½	+ 14½	—
81	—	—	—	+ 3½	+ 6	+ 3 (3–4)		+ 0	—	—	—

III. Der respiratorische Quotient beträgt

Nr.	Datum	Zufuhr	Nüchternwerth	1	2	3	4	5	6	7	8
21	—	—	0,78	0,72	0,75 (2–3)		0,72	0,74 (5–6)		0,73	0,70
39	—	—	0,76	0,79	0,77	0,74	0,76	0,75	0,74	0,78	—
81	—	—	0,78	0,75	0,76	0,78 (3–4)		0,75	—	—	—

Special-Tabelle XV (zu S. 44).

Versuch mit Aufnahme von Fett beim Menschen W.[1]) Nr. 21

7. V. 91.

Nr. d. Vers.	Zeit	Dauer i. Min.	Athemgrösse in ccm	O_2-Deficit %	CO_2-Plus %	O_2-Verbrauch ccm	CO_2-Production ccm	RQ.	Zunahme d. O_2-Verbrauchs %	Zunahme d. CO_2-Production %	Zeit nach d. Essen	Bemerkungen
1	9,22	16	5529	4,05	3,19	223,9	176,4	0,79	—	—	—	letzte Mahlzeit vor 13 Std.: Kartoffeln u. Wurst.
2	9,38	17	5379	4,32	3,24	232,3	174,3	0,75	—	—	—	
3	9,55	17	5104	4,37	3,49	223,0	178,1	0,80	—	—	—	½11—11 Uhr: 200 gr sehr fetter (93% Fett) gebratener Speck; zum Schluss 30 gr Weissbrod, 8 gr Alkohol i. 25 gr Wass.; kein Unbehag., kein Ekelgefühl, sonst nichts getrunken.
Nüchternwerth						**226,4**	**176,3**	**0,78**	—	—	—	
4	11,12	17	5084	4,59	3,33	233,4	169,3	0,73	—	—	—	sehr behaglich, weder Hunger noch Durst. (Nr. 4–12)
5	11,29	18	4879	4,54	3,18	221,5	155,2	0,70	—	—	—	
6	11,47	18	4930	4,70	3,47	231,7	171,1	0,74	—	—	—	
						228,9	*165,2*	*0,72*	+1	—6	1—	
7	12,46	15	5775	4,13	3,24	238,6	187,1	0,79	—	—	—	
8	1,01	16	5447	4,30	3,09	234,2	168,3	0,72	—·	—	—	
9	1,17	17	5040	4,67	3,50	235,4	176,4	0,75	—	—	—	
						236,1	*177,3*	*0,75*	+4½	+½	2½	
10	2,31	14	5989	4,11	3,04	246,1	182,1	0,74	—	—	—	
11	2,45	17	5287	4,39	3,07	232,1	162,3	0,70	—	—	—	
12	3,02	15	5552	4,28	3,14	237,6	174,3	0,73	—	—	—	
						238,6	*172,9*	*0,72*	+5½	—2	4—	
13	4,27	35	5783	4,15	3,07	240,0	177,5	0,74	+6	+½	5½	150 ccm Wasser.
14	5,41	34	5680	4,34	3,16	246,5	179,5	0,73	+9	+2	7—	beginnendes Hungergefühl 350 ccm Wasser.
15	6,51	16	5851	4,24	2,95	248,1	172,6	0,70	+9½	—2	8—	Aufstossen; Hunger deutlich, aber nicht quälend.

1) Tadelloser Versuch.

Die Wirkung wurde nie bis zu Ende verfolgt, sie ist bei diesen grossen nicht mehr normalen Fettmengen mit der 8ten Stunde jedenfalls nicht beendet; der Sauerstoffverbrauch hat auch wie aus der Tabelle ersichtlich, deutlich die Tendenz, noch um diese Zeit zu wachsen; aber wie beim Hund ist die Steigerung sehr gering, und wird voraussichtlich bei kleinen Fettmengen noch viel geringer sein; Smith, der solche zu sich nahm (30—32 gr Butter, Olivenöl, Leberthran), fand, allerdings nur in den ersten zwei Stunden, auf die sich seine Untersuchung beschränkte, kaum eine Aenderung der Kohlensäureausscheidung. Ein Grund zu der Annahme, dass das Fett zugleich mit anderen Nahrungsmitteln gegeben an der Erhöhung der Oxydation stärker als in diesen Versuchen teilnehme, liegt jedenfalls nicht oder nur in geringem Masse vor; weder ist in diesem Fall die Darmarbeit zur Aufnahme des Fettes vermehrt noch auch etwa die Verbrennung von Fett gesteigert, da ja bei gleichzeitiger Aufnahme Eiweiss wie Stärke stets vor dem Fett zerlegt werden. Eher wäre es schon möglich, dass die gleichzeitige Darreichung von Fett die durch Eiweiss oder Kohlenhydrate sonst zu Stande kommende Steigerung verminderte, da sie deren Verdauung und Resorption wohl etwas verlangsamt und eventuell auch den mechanischen Reiz auf die Darmwandungen vermindert. Jedenfalls halte ich es für erlaubt, bei Berechnung der Einwirkung einer Nahrung auf die Oxydation geringe Mengen von Fett (z. B. 30—50 gr in 1000—1500 gr Fleisch) zu vernachlässigen und für geboten, bei den betreffenden Erwägungen eine Zufuhr erst dann für „abundant“ zu erklären, wenn die in derselben enthaltene Menge von Kohlehydraten und Eiweiss allein den Bedarf überschreitet.

Der Gaswechsel bei Aufnahme von Kohlehydraten.

Von den Experimenten am Hund, bei denen Kohlehydrate (Reis und Zucker) allein, oder doch vorwiegend verfüttert wurden, will ich (in Tab. 16 S. 48) eine Reihe von 6 Versuchen vorwegnehmen, die innerhalb eines Monates unter nahezu identischen Bedingungen stattfanden und ausserordentlich gleichmässige Resultate ergaben. Während des ganzen Zeitraums hatte der Hund das gleiche Futter erhalten, das auch in diesen Versuchen selbst gegeben worden war, nämlich

500 gr Reis, 200 gr Hackfleisch und 25 gr Fett [1]), worin ca. 400 gr Stärke, 31 gr Fett und 11,4 gr N, entsprechend ca. 2100 Calorien enthalten waren. Das Körpergewicht stieg innerhalb 40 Tagen langsam an um etwa ein Kilo. (Tab. 16. 17. 18 S. 48 u. 49.)

Bei der in die Augen springenden grossen Gleichmässigkeit der Resultate ist es wohl zulässig, Durchschnittswerthe aus allen 6 Reihen zu bilden. Schon in den beiden ersten Stunden ist, wie die Tabelle 16 zeigt, die Zunahme der Verbrennungsprocesse sehr erheblich (32 und 26 %), um dann langsam und stetig weiterzuwachsen bis zu einem Maximum von 39 %, das in der 6.—8. Stunde erreicht wird. Bis zur 11. Stunde sinkt der Sauerstoffverbrauch wieder sehr langsam ab, und fällt dann schneller, so dass von der 14. und 15. Stunde ab die erhaltenen Werthe nur um wenige Procente die „Nüchternwerthe" übertreffen. Sehr lehrreich ist die Uebersicht über die in der gleichen Zeit beobachteten respiratorischen Quotienten (siehe die Tabelle 16).

Von 0,78 geht der RQ. bereits in der ersten Stunde nach der Futteraufnahme auf 0,90 in die Höhe, d. h. schon in allerkürzester Zeit beginnt die Verdauung und die Resorption der Kohlenhydrate. Das steht in bester Uebereinstimmung mit dem Befund von Ellenberger-Hofmeister [2]), die bei einem kleinen Hund (5,8 kg) nach Aufnahme von 115 gr Reis (mit 86 gr Stärke) nach einer Stunde bereits 6,4 und nach 2 Stunden bei einem ebenso gefütterter Hund von 6,1 kg 22,9 % der Stärke resorbirt fanden. Meine Zahlen zeigen, dass die Kohlenhydrate, einmal resorbirt, auch sofort am Stoffwechsel theilnehmen, und dass sie, genügend reichlich zugeführt, das Körperfett ganz und jedenfalls auch zum Theil das Eiweiss aus demselben zurückdrängen. Von der 4.—12. Stunde hält sich der RQ. fast durchweg auf der Höhe von 1,00, um dann langsam und allmählich ganz regelmässig bis zu einem Werth von 0,83 zu fallen. Dass letzterer höher ist als der RQ. im Beginn der Versuche, ist leicht verständlich. Denn wenn der Hund auch in dieser Fütterungsperiode das sehr reichliche Futter wie es scheint fast ganz umsetzte, da er im Stall gehalten sich frei bewegen durfte, so war

1) Dieses Futter wurde dauernd gern genommen und vorzüglich vertragen; nur an wenigen Tagen wurde zu bestimmten Versuchszwecken anderes Futter, aber von ähnlich hohem Energiegehalt gegeben.

2) Ellenberger-Hofmeister, du Bois' Archiv. 1889. S. 221.

General-Ta[illegible]

Der Sauerstoffverbrauch des Hundes bei Reisfütterung

Nr. d. Vers.	Datum	Gewicht des Hundes	Sauerstoff-verzehr nüchtern	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
68	23. II. 92	26,8	162,7	215,7	185,8	195,1	209,3	202,2	222,8	209,1	214,7	204,8	212,[illegible]
70	3. III. 92	27,5	158,8	188,0	204,9	203,8	212,1	215,0	210,7	207,8	219,3	211,3	206,[illegible]
71	8. „ „	27,2	162,1	217,0	200,2	203,0	206,9	220,0	215,7	232,5	220,1	211,3	207,[illegible]
73	15/16. „ „	26,2	148,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
74	18/19. „ „	26,6	156,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
75	27/28. „ „	27,0	151,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	197,[illegible]
Mittel der 6 Versuche . . .		26,9	156,8	206,9	197,0	200,6	209,4	212,4	216,4	216,5	218,0	209,1	206,[illegible]
p. Ct. Zunahme		—	—	32	26	28	33½	35½	38	38	39	33	31

Respiratorischer Quotien[illegible]

Nr. d. Vers.	Datum	Gewicht des Hundes	nüchtern	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
68	—	—	0,79	0,91	0,86	0,95	0,93	0,97	0,99	0,95	0,97	0,94	0,97
70	—	—	0,82	0,88	0,96	0,95	1,00	1,00	1,00	1,02	1,03	1,00	1,0[illegible]
71	—	—	0,74	0,90	0,99	0,99	0,99	1,01	1,02	1,03	1,02	1,01	1,0[illegible]
73	—	—	0,74	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
74	—	—	0,73	—	-	—	—	—	—	—	—	—	—
75	—	—	0,84	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,0[illegible]
Mittel der 6 Versuche . . .		—	0,776	0,90	0,94	0,96	0,97	0,99	1,00	1,00	1,01	0,98	1,00

Tabell[illegible]

Der Gaswechsel des Hundes bei Aufnahme klein[illegible]

Nr.	Datum	Verzehr	Nüchternwerth	1	2	3	4
83	9. IV. 92	400 gr frisches Fleisch	152,2	161,8	180,8	184,4	183,0
89	20. IV. 92	„ „ „ „	153,8	186,9	201,5	195,6	181,2
Mittel			153,0	174,4	191,2	190,0	185,1
Mittel der obigen Reisversuche . .			156,8	206,9	197,0	200,6	209,4

elle XVI (S. 47).

500 gr Reis, 200 gr Hackfleisch, 25 gr Fett).

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Stundennach Nahrungs-aufnahme
01,8	210,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
88,5	176,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
85,7	179,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
08,0	194,6	172,6	174,8	180,3	157,3	163,7	151,7	157,0	155,5	153,6	154,5	151,6	—	
16,4	175,2	161,8	180,6	186,5	169,6	171,6	173,2	167,7		158,3	162,3	161,4	—	
97,4	176,9	151,1	156,2	155,0	153,6	160,6	154,4	165,0	166,0	158,2	149,9	157,1	—	
99,6	185,4	161,8	170,5	173,9	160,2	165,3	159,8	163,2	163,1	156,7	155,6	156,7	—	
7½	25	3	9	11	2	5½	2	4	4	0	—1	0	—	

ei Reisfütterung.

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
,03	0,95	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
,00	0,97	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
,99	1,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
,03	0,98	0,98	0,92	0,93	0,96	0,93	0,95	0,92	0,89	0,88	0,85	0,82	—
,04	1,00	0,96	0,94	0,95	0,95	0,92	0,91	0,85	0,85	0,89	0,80	0,83	—
,03	1,06	0,96	1,00	0,99	0,95	9,97	0,96	0,96	0,89	0,88	0,88	0,84	—
,02	0,99	0,97	0,95	0,96	0,95	0,94	0,94	0,91	0,88	0,88	0,84	0,83	—

VIa (S. 52).

engen Fleisch. Der Sauerstoffverbrauch in ccm.

5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Stundennach Nahrungs-aufnahme
96,1	184,8	195,7	194,1	191,1	184,7	177,1	171,5	159,2	160,4	
186,0		177,2	181,4	173,0	172,0	155,7	163,3	160,9	—	
91,1	185,4	186,5	187,7	182,1	178,4	166,8	167,4	160,0	160,4	
12,4	216,4	216,5	218,0	209,1	206,0	199,6	185,4	161,8	170,5	

Special-Tabelle XVII (zu S. 47).

Versuch mit Reisfütterung beim Hund (Nr. 70) grosse Ration.

3. III. 92.

Nr. d. Vers.	Zeit desselben	Dauer i. Min.	Athemgrösse ccm	O_2-Deficit %	CO_2-Plus %	O_2-Verbrauch ccm	CO_2-Production ccm	RQ.	Zunahme d. O_2-Verbrauch %	Zunahme d. CO_2-Prod. %	Stund. nach d. Fütterung	Temperatur im Anus	Bemerkungen
1	9,11	17	3208	5,09	4,06	163,3	130,2	0,80	—	—	—	—	Gewicht 27,50;
2	9,20	18	3308	4,69	3,95	155,1	130,6	0,84	—	—	—	—	nüchtern seit 24
3	9,47	17	3276	4,82	3,94	157,9	129,1	0,82	—	—	—	38,3	Stunden.
			Nüchternwerthe			**158,8**	**130,0**	**0,82**	—	—	—	—	10^{20-40} 500 gr
4	10,10	20	4312	4,36	3,84	188,0	165,6	0,88	+18	+27	1	—	Reis, 25 gr Fett,
5	12,12	22	5110	4,01	3,85	204,9	196,7	0,96	+29	+51	2	38,1	200 gr Fleisch.
6	1,11	22	4717	4,32	4,09	203,8	192,9	0,95	+28	+48½	3	—	
7	2,05	15	5026	4,22	4,21	212,1	211,6	1,00	+33½	+63	4	38,1	
8	3,23	22	4684	4,59	4,57	215,0	213,6	1,00	+35	+64	5	—	
9	4,25	20	5136	4,09	4,10	210,7	210,6	1,00	+33	+62	6	—	
10	5,26	18	5045	4,12	4,19	207,8	211,4	1,02	+31	+63	7	38,1	
11	6,17	18	5335	4,11	4,23	219,3	225,7	1,03	+38½	+74	8	—	
12	7,22	22	5230	4,04	4,02	211,3	210,2	1,00	+33½	+61½	9	—	
13	8,20	21	5598	3,68	3,71	206,0	207,7	1,01	+30	+60	10	38,1	
14	9,19	24	4809	3,92	3,93	188,5	189,0	1,00	+18½	+45	11	—	
15	10,11	21	4219	4,19	4,08	176,8	172,2	0,97	+11½	+32½	12	—	

Special-Tabelle XVIII (zu S. 47).

Versuch mit Reisfütterung beim Hund (Nr. 74) grosse Ration.

18/19. III. 92.

Nr. d. Vers.	Zeit desselben	Dauer i. Min.	Athemgrösse ccm	O_2-Deficit %	CO_2-Plus %	O_2-Verbrauch ccm	CO_2-Production ccm	RQ.	Zunahme d. O_2-Verbrauch %	Zunahme d. CO_2-Prod. %	Stund. nach d. Fütterung	Temperatur im Anus	Bemerkungen
	Abds.												
1	10,45	20	2741	5,68	4,08	155,7	111,8	0,72	—	—	—	—	nüchtern seit 24
2	11,6	20	2854	5,33	4,02	152,1	114,7	0,75	—	—	—	—	Stunden.
3	11,28	20	2886	5,61	4,01	161,9	115,7	0.72	—	—	—	38,0	Gewicht 26,600 kg.
	früh		**Nüchternwerthe**			**156,6**	**114,1**	**0,73**	—	—	—	—	11^{41}–12^{0} Uhr
4	10,23	21	5636	3,84	3,99	216,4	224,9	1,04	+38	+97	11	38,6	Nachts. 500 gr
5	11,23	24	4880	3,60	3,59	175,7	175,2	1,00	+12	+53	12	38,5	Reis, 25 gr Fett,
6	12,23	29	4086	3,96	3,78	161,8 ?	154,5	0,96	+3	+35½	13	38,0	200 gr frisches
7	1,37	22	3858	4,68	4,41	180,6	170,1	0,94	+15½	+49½	14	37,9	Fleisch. (Nachts
8	2,30	22	3854	4,84	4,58	186,5	176,5	0,95	+19	+55	15	37,9	über i. d. Stube.)
9	3,29	25	3384	5,01	4,74	169,6	160,4	0,95	+8	+40½	16	37,9	
10	4,39	24	3509	4,89	4,48	171,6	157,2	0,92	+9	+38	17	38,1	
11	5,55	16	3608	4,80	4,36	173,2	157,3	0,91	+10½	+38	18	38,0	
12	7,07	26	3333	5,03	4,27	167,7	142,3	0,85	+7	+25	19½	38,1	
13	8,37	22	3823	4,14	3,68	158,3	140,2	0,89	+1	+23½	21	38,4	
14	9,30	23	3739	4,34	3,49	162,3	130,5	0,80	+3½	+14½	22	38,35	
15	10,24	18	3275	4,93	4,07	161,4	133,3	0,83	+3	+17	23	38,25	

er in diesen sechs Versuchstagen im Versuch selbst, wie in den einzelnen Pausen fast ganz ohne Bewegung, und daher nicht im Stande neben mindestens 60 gr resorbirten und sicher zerfallenen Eiweiss auch nur die 400 gr Stärke ganz umzusetzen. Denn letztere bedürfen zu vollständiger Verbrennung $400 \times 0{,}829 = 331{,}6$, erstere $60 \times 0{,}979 = 58{,}7$, zusammen ca. 390 Liter O_2, während der Hund, wie sich aus obiger Tabelle berechnen lässt, in den 24 Stunden bei Verdauung und Ruhe nur 265,3 Liter Sauerstoff consumirt hätte. — Inwieweit man aus obigen Zahlen auf eine Fettablagerung aus Kohlenhydrate in einzelnen Stunden schliessen darf, soll weiter unten erörtert werden. In der Gesammttagesbilanz tritt eine solche jedenfalls nicht deutlich hervor. Denn es beträgt der Ruheumsatz in 24 Stunden dieser Fütterungsreihe

265,3 Liter O_2, 250,2 Liter CO_2, der RQ. 0,943.

Daran nehmen Theil

71,3 gr Eiweiss [1]) mit 69,8 Liter O_2 und 54,3 Liter CO_2.

Es bleiben somit 195,5 „ „ „ 195,9 „ „ aus der Verbrennung von stickstofffreiem Material zu decken, d. h. offenbar durch Kohlenhydrate. Wie aus der Gleichheit der Restzahlen für den Sauerstoff und die Kohlensäure hervorgeht, wurde weder das Nahrungsfett zu den Verbrennungen herangezogen, noch erhebliche Mengen von Fett aus dem Ueberschuss der Kohlehydrate gebildet, der Ueberschuss an letzteren wohl als Glykogen abgelagert; der Körper des Hundes, der bei freier Bewegung im Stall sein Futter wohl wirklich umsetzte und sich deshalb nicht mit Glykogen sättigte, suchte diese Sättigung bei der erzwungenen Ruhe zu erreichen. — Waren wirklich, wie ich weiter unten wahrscheinlich zu machen versuchen werde, in der 5ten—11ten Stunde kleine Mengen Fett aus Kohlehydraten gebildet, so wurde doch in den späteren Stunden (von der 18ten u. 19ten an), trotzdem sicher noch Kohlehydrate vom Futter dieses Tages zur Verfügung standen, der Umsatz nicht von diesen allein bestritten, sondern auch etwas Fett verbrannt, während das deponirte Glykogen fester gehalten wurde.

---

1) Diese Rechnung ist natürlich nur approximativ, da der N-Umsatz nicht genau bekannt ist und auch für das zum Theil pflanzliche Eiweiss Rubner's Zahlen, die für fettfreies Muskelfleisch berechnet sind, nicht ohne Weiteres gültig sind; die vollkommene Gleichheit der obigen Sauerstoff- und Kohlensäurezahlen ist ein Zufall.

Wie gross ist der Sauerstoffmehrverbrauch und der Ueberschuss der Wärmeproduktion in dieser Fütterungsreihe, gegenüber dem Verbrauch in der Ruhe bei Enthaltung von jeder Nahrung? Letzterer gleich dem 1440 fachen des Minutenwerthes gesetzt beträgt etwa

$$1440 \times 156{,}8 = 225{,}8 \text{ Liter } O_2, \text{ die } CO_2 = 225{,}8 \times 0{,}776 \text{ RQ.} = 175{,}2 \text{ Liter } CO_2$$

mit einer Wärmeerzeugung von 1040 Cal.

Aus der obigen Tabelle berechnet sich als mittlerer Minutenwerth des Sauerstoffverbrauchs für die ersten 12 Stunden die Zahl 206,5 ccm, für die zweiten 162,0, und als Durchschnittswerth des ganzen Tages $\frac{206{,}5 + 162{,}0}{2} = 184{,}25$ ccm O_2 und ein RQ. von 0,943. Das sind für 24 Stunden

265,3 Liter O_2 250,2 Liter CO_2 1271 Cal.

Der Sauerstoffmehrverbrauch beträgt somit 265,3—225,8 = 39,5 Liter $= \frac{39{,}5 \,.\, 100}{225{,}8} = 17{,}5\,\%$; das Plus an Wärmeproduktion 1271—1040 $= 231$ Cal., $= \frac{231 \,.\, 100}{1040} = 22{,}2\,\%$ des Nüchternwerthes[1]).

In dieser vorwiegend Kohlehydrate bietenden Kost sind aber zugleich Fett und etwas Eiweiss enthalten. Letzteres entspricht im Reis ca. 5 gr N, im Hackfleisch 6,4 gr N. Das Fett hat, in so geringer Menge gegeben (ca. 31 gr), wie oben gezeigt worden ist, kaum Einfluss auf die Steigerung der Umsetzungen. Nach Fick's Hypothese aber müssten jene 11,4 gr N = 71,3 gr Eiweiss die Steigerung bewirkt haben.

Um diese Ansicht zu controlliren, erhielt der Hund zweimal je 400 gr Fleisch mit ca. 13,2 gr N, d. h. eine absolut grössere N-Menge, als jene in der vorhergehenden Fütterung; zudem wird ja auch von dem N des Fleisches mehr resorbirt als von dem des

---

1) Rubner findet bei einer den „Bedarf" um 55 % übersteigenden Zufuhr von Kohlehydraten (1549 Calorien in der Zufuhr bei einem Bedarf von 944 Cal.) eine um 10,2 % vermehrte Wärmeproduktion (Sitzber. d. Münchener Akad. 1885. S. 452 ff.). — Das Maximum des Sauerstoffmehrverbrauchs mit 39 % in der 8ten Stunde meiner Versuche entspricht einer Wärmeproduktion von ca. 48—50 %.

Reises; die Resorption dieses allein gegebenen Fleischeiweisses geschieht überdies wohl erheblich schneller, als desjenigen in obigem Reisfutter; es musste die Wirkung also hier gewiss deutlich hervortreten.

Wie aus der folgenden Uebersicht hervorgeht, erreicht der Sauerstoffverbrauch in diesen Versuchen zu keiner Stunde den in den obigen Reihen, die Wirkung ist mit der 12.—13. Stunde fast ganz abgeklungen (s. Tabelle 16a S. 48).

In den ersten 12 Stunden dieser Fütterung ist der mittlere Sauerstoffverbrauch per Minute 182,2, in der vorigen (Reis-) Reihe dagegen 206,5 ccm O_2; die Differenz erhöht sich noch dadurch erheblich zu Gunsten der Reisreihe, dass in ihr der fast ausschliesslich zur Verbrennung von Stärke dienende Sauerstoff per Liter ein calor. Aequivalent von 4,97, in der Fleischreihe, wo neben Eiweiss (cal. Aeq. = 4,29) wohl noch etwas Fett (cal. Aeq. = 4,68) verbrannte, dagegen ein solches von nur 4,4—4,5 Cal. hatte. Jene 206,5 ccm Sauerstoff entsprechen somit einer Produktion von 206,5 $\times$4,97 = 1,026 Cal. per Minute (die Produktion vor der Nahrungsaufnahme = 0,722 Cal.), die 182,2 ccm O_2 nur einer solchen von 182,2$\times$4,45 = 0,801 Cal. (vor dem Futter ca. 0,704 Cal. per Min.). In jenem Fall also eine etwa 40%ige Zunahme der Wärmeproduktion während der ersten 12 Stunden, in letzterem nur eine ca. 12%ige (eine 5%ige für den ganzen Tag berechnet). Somit ist sicher, dass die nach der Aufnahme der obigen Nahrung eingetretene Vermehrung der Oxydation nicht ihren einzigen Grund in der Zufuhr des Eiweiss hat[1]). Auf das Eiweiss kamen vielleicht 5%, auf die Stärke 17,5% der Mehrproduktion von 22½%. Diese Steigerung blieb denn auch zum grössten Theil bestehen, als in 2 weiteren Reihen aus jenem Nahrungsgemisch das Fleisch fortgelassen wurde, und dasselbe nur noch 5,0 gr N in Form von vegetabilischem Eiweiss enthielt. Um die Wirkung der Kohlehydrate auf die Erhöhung des RQ. noch weiter zu studiren, wurde in diesen Reihen der Nahrung verschiedene Mengen von leicht resorbirbarem Rohrzucker beigegeben. (Tab. 19 S. 54 u. Tab. 20 S. 55.)

---

1) Das Gleiche geht übrigens ja auch aus dem S. 52 in der Anmerkung citirten Versuch Rubner's mit voller Sicherheit hervor. Rubner hat derartige Versuche meines Wissens fast immer mit reiner Stärke ausgeführt.

General-Tabelle XIX (zu S. 53).

Der Gaswechsel des Hundes bei Aufnahme von Reis (überschüssige Ration).

I. Die absolute Grösse des Sauerstoffverbrauchs in ccm.

Nr. des Versuchs	Datum	Gewicht d. Hundes	Verzehr	Nüchternwerth	Stunde nach Nahrungsaufnahme 1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
84	11. IV. 92	28,1	500 gr Reis, 100 gr Rohrzucker, 25 gr Fett	169,2	209,3	187,3	210,5	?	200,5	194,0	195,4	—	192,5	—	—	
87	16.	29,1	400 „ „ 140 „ „ 25 „ „	167,4	206,2	213,6	203,8	202,9	198,0	207,3	207,3	207,1	—	191,0	190,0	

II. Verhalten des respiratorischen Quotienten.

Nr. des Versuchs	Nüchternwerth	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
84	0,74	0,96	0,90	0,98	—	1,01	1,00	0,99	—	1,03	—		
87	0,93	0,97	0,93	0,98	1,02	0,96	1,06		1,04	—	0,96	1,03	

General-Tabelle XXI (zu S. 55).

Der Gaswechsel des Hundes bei Aufnahme von Reis und Zucker (zureichende Ration).

I. Die absolute Grösse des Sauerstoffverbrauchs in ccm.

Nr. des Versuchs	Datum	Gewicht d. Hundes	Verzehr	Nüchternwerth	Stunde nach Nahrungsaufnahme 1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	14.	16.	18.	20.	22.	23.
99	14. X. 92	28,6	300 gr Reis 30 gr Zucker	153,4	166,1	163,6	169,8	166,5	169,0	168,0	171,0	162,1	155,2	134,2		133,7	131,6	131,3	—	143,6	—	140,0
103	22.	28,3	300 gr Reis	148,7	—	—	167,0	—	—	161,8	—	146,3	—	162,7	—	—	135,7	—	134,9	—	140,8	—
107	13.III.93	29,7	300 gr Reis	147,4	159,0	169,7	163,6	160,8	164,2	178,5	178,0	178,7	149,9	148,4	—	—	—	—	—	—	—	—

II. Verhalten des respiratorischen Quotienten.

Nr. des Versuchs	Nüchternwerth	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	14.	16.	18.	20.	22.	23.
99	0,74	0,90	0,89	0,97	0,99	0,95	0,99	0,99	0,97	0,90	0,93		0,92	0,85	0,85	—	0,80	—	0,81
103	0,71	—	—	0,87	—	—	0,83	—	0,96	—	0,87	—	—	0,85	—	0,83	—	0,79	—
107	0,78	0,75	0,88	0,92	0,93	0,91	0,96	0,99	0,95	0,92	0,87	—	—	—	—	—	—	—	—

Special-Tabelle XX (zu S. 53).

Versuche mit Reis- und Zuckerfütterung beim Hund (Nr. 87) (grosse Ration). 16. IV. 92.

Nr. d. Vers.	Zeit.	Dauer i. Min.	Athemgrösse ccm	O_2 Deficit %	CO_2 Plus %	O_2 Verbrand ccm	CO_2 Production ccm	RQ.	Zunahme d. O_2 Verbrauchs %	Zunahme d. CO_2 Production %	Stund. nach d. Fütterung	Temperatur im Anus	Bemerkungen
1	9,47	11	3805	4,41	4,11	167,8	156,4	0,93	—	—	—	—	Nüchtern seit
2	10,1	21	4085	4,13	3,96	168,7	161,8	0,96	—	—	—	—	24 Stunden
3	10,26	22	4943	3,35	3,02	165,6	149,3	0,90	—	—	—	38,4	Gew. 29,1 Kilo
			Nüchternwerth 1)			**167,4**	**155,8**	**0,93**	—	—	—	—	11^{15-45} 140 gr Rohr-
4	12,7	24	4819	4,28	4,16	206,2	200,5	0,97	+23	+29	1	38,2	zucker
5	1,27	23	4800	4,45	4,12	213,6	197,7	0,93	+28	+27	2¼	38,6	400 gr Reis
6	2,45	18	6101	3,34	3,28	203,8	200,1	0,98	+22	+29	3½	—	25 gr Fett.
7	3,15	18	6587	3,08	3,15	202,9	207,5	1,02	+21	+33	4	38,4	
8	4,14	22	5324	3,72	3,56	198,0	189,5	0,96	+18	+21½	5	38,3	
9	5,39	18	6152	3,37	3,58	207,3	220,3	1,06	+24	+41½	6¼	38,4	
10	7,23	29	6109	3,39	3,54	207,1	216,2	1,04	+24	+39	8	38,4	
11	9,5	21	6918	2,77	2,66	191,6	184,0	0,96	+14½	+18	10	38,6	
12	10,40	19	5961	3,19	3,27	190,1	194,9	1,03	+13½	+25	11½	—	

Die Steigerung ist — nur die ersten 12 Stunden kamen zur Untersuchung — in beiden Reihen nicht so stark wie in den früheren, da die Ausgangswerthe höher und die erreichten Sauerstoffzahlen niedriger liegen. Jedenfalls scheint somit das Eiweiss des Fleisches zu dem Mehrverbrauch beizutragen, der grösste Theil der Steigerung des Umsatzes aber kommt sicher auf Rechnung der eingeführten Kohlehydrate.

Ueber die Wirkungen einer dem nothwendigsten Bedarf grade entsprechenden Menge von Kohlehydraten (300 gr Reis = 3 gr N und 225 gr Stärke) liegen einige, leider zu anderer Zeit angestellte, Reihen vor. Sie zeigen deutlich eine geringere Steigerung der verschiedenen Prozesse als jene Reihen, in denen überschüssiges Futter gegeben war. Eine sehr erhebliche Steigerung scheint in der That erst bei überschüssigem Futter zu Stande zu kommen; nach Rubner's früheren Anschauungen kommt sie nur bei einem solchen vor; das ist in dieser Fassung nicht richtig, da eine Steigerung des Sauerstoffverbrauchs in den ersten 10—12 Stunden von

1) Die Nüchternwerthe und der RQ: höher als sonst in dieser Periode.

8—10 % und eine dem hohen calorischen Aequivalent der Kohlehydrate entsprechend grössere an producirter Wärme in allen 3 Versuchen ganz unverkennbar sind. (Tab. 21 S. 54; Tab. 22 S. 56.)

Special-Tabelle XXII.

Versuch mit Reisfütterung beim Hund (Nr. 107) (kleine Ration) 17. III. 93.

Nr. d. Vers.	Zeit	Dauer i. Min.	Athemgrösse ccm	O_2-Deficit %	CO_2-Plus %	O_2-Verbrauch ccm	CO_2-Production ccm	RQ.	Zunahme d. O_2-Verbrauchs %	Zunahme d. O_2.Prod. %	St. n. d. Fütt.	Temperatur im Anus	Bemerkungen
1	8,4	29	3110	4,85	3,76	150,3	116,9	0,78	—	—	—	—	nüchtern seit 24
2	8,35	28	3076	4,69	3,56	144,3	109,5	0,76	—	—	—	—	Stunden, Gewicht
3	9,5	22	3629	4,05	3,28	147,0	119,0	0,81	—	—	-	3,80	29,70 (?)
			Nüchternwerth			**147,4**	**115,1**	**0,78**	—	—	—	—	10^{30-40} 300 gr Reis mit etwas
4	10,0	26	3155	5,06	3,79	159,6	119,6	0,75	+ 8	+ 4	1	—	Fleischasche und
5	11,0	29	3754	4,52	3,97	169,7	149,0	0,88	+15	+30	2	37,75	u. ca. 1 gr Fleisch-
6	12,2	29	3971	4,12	3,76	163,6	149,3	0,91	+11	+30	3	—	extract gekocht.
7	1,4	25	4418	3,64	3,39	160,8	149,8	0,93	+ 9	+30	4	37, 9	
8	1,59	28	3966	4,14	3,78	164,2	149,9	0,91	+11½	+30	5	—	
9	3,5	26	4439	4,02	3,84	178,5	170,5	0,96	+21	+48	6	38, 2	
10	4,3	24	4784	3,72	3,69	178,0	176,5	0,99	+21½	+53	7	—	
11	5,3	26	4347	4,11	3,90	178,7	169,5	0,95	+21	+47	8	38,3	
12	6,5	29	3691	4,06	3,73	149,9	137,7	0,92	+ 1½	+20	9	—	
13	6,57	25	3501	4,24	3,70	148,4	129,5	0 87	+ 1	+13	10		

Wie in den Versuchen mit grösseren Reismengen tritt eine Steigerung des Sauerstoffverbrauchs bereits in der 1ten Stunde der Verdauung ein; ein Maximum von 12—20 % wird in der 6ten—8ten Stunde erreicht, dann geht der Consum rasch zurück, die Anfangswerthe sind in der 10.—12. Stunde schon erreicht; in den weiter folgenden Stunden wurden in zweien dieser Versuche niedrigere Werthe beobachtet als in der Frühe nüchtern; hier kamen als „zweite zwölf Stunden" die Nachtstunden zur Untersuchung, während die „zweiten zwölf Stunden" der in Tabelle 16 u. 18 berichteten Versuche nach am späten Abend (10—12 Uhr Nachts) vorgenommener Fütterung am Tage zur Beobachtung gelangten. In einer früher mitgetheilten Hungerreihe sank der Umsatz in der Nacht gleichfalls wie hier in einzelnen Stunden um ca. 8—10 %; wenn auch leider, da die Arbeit aus äusseren Gründen zum Abschluss gebracht werden musste, nur eine derartige Hungerreihe vorliegt, so darf doch wohl sicher angenommen werden, dass die Reisfütterung in den zweiten zwölf Stunden nicht an sich eine Erniedrigung des Umsatzes bedingt.

Letztere ist übrigens geringer, als die Abnahme des Sauerstoffverbrauchs, da der RQ., wie die Tabelle zeigt, in der Nacht noch erheblich höher ist, als am Morgen. — Ueber die Kohlensäureproduktion brauche ich nicht viel zu sagen; die Steigerung derselben ist hier wie in allen Fällen der Zufuhr von Kohlehydraten erheblicher als diejenige des Sauerstoffs; die beigegebene Specialtabelle 22 sowie die Anführung der respiratorischen Quotienten in Tabelle 21 erlaubt einen ungefähren Einblick in diese Verhältnisse. Der RQ. wächst sehr bald nach der Aufnahme des Futters und erreicht in der 5.—8. Stunde fast die Einheit; er überschritt sie in diesen Versuchen nie.

Für die Wirkung der Kohlehydrate auf den Menschen liegen eine Reihe Versuche vor, solche mit Brod (das mit kleineren Mengen Butter und etwas Wasser genossen wurde), und andere, in denen Rohr- und Traubenzucker gegeben wurde. Vier Experimente der ersten Art wurden an W. angestellt, je eines an O., eines an Prof. Zuntz, eins an dem Verfasser; bei dem letzteren übernahm Prof. Zuntz freundlichst die Leitung des Versuchs; die Analyse führte ich selbst aus. Die Tabelle 23 (S. 58) enthält die Brodversuche. Tab. 24 (S. 57) und 25 (S. 59) sind Protokolle einzelner Versuche.

Special-Tabelle XXIV.
Versuch mit Weissbrod (85 gr) beim Menschen (Nr. 51).
24. XII. 91.

Nr. des Vers.	Zeit	Dauer in Min.	Athemgrösse ccm	O_2-Deficit %	CO_2-Plus %	O_2-Verbrauch ccm	CO_2-Prod. ccm	RQ.	Zunahme d. O_2-Verbrauchs %	Zunahme d. CO_2-Prod %	Stund. nach dem Essen	Bemerkungen
1	9,38	19	4413	5,00	3,21	220,6	141,6	0,64?	—	—	—	nüchtern seit 14 St.
2	9,57	18	4836	4,31	3,27	208,5	158,2	0,76	—	—	—	
3	10,15	17	4783	4,62	3,43	224,0	164,1	0,74	—	—	—	10^{40-50} 85 gr Weissbrod
			Nüchternwerth			216,7	154,6	0,71				„Schrippe" m. 4 gr Butter 200 ccm H_2O
4	11,15	15	5643	4,38	3,39	247,2	191,3	0,77	+14	+23½		Mittlere Stundenwerthe
5	11,30	18	4597	4,92	3,74	226,2	171,9	0,76	+4½	+11	1	0,79 RQ. +12 % O_2 +23 % CO_2
5	11,18	16	5288	4,80	3,97	253,8	209,9	0,83	+17	+36		
7	12,4	16	5284	4,86	4,05	256,8	214,0	0,83	+19	+38		
8	12,20	16	5088	4,77	3,97	242,7	202,0	0,83	+12	+30½	2	0,84 „ +11 „ +30 „
9	12,36	17	4811	4,61	3,94	221,8	189,6	0,86	+2½	+22½		
0	12,53	20	4220	4,93	4,15	208,1	175,1	0,84	−4	+13		
11	1,20	19	4589	4,54	4,07	208,3	186,8	0,90	−4	+21	3	0,86 „ + 4 „ +16 „
12	1,39	17	4643	4,43	3,76	205,7	174,6	0,85	−5	+13		
13	2,28	17	4761	4,77	3,56	227,1	169,6	0,75	+5	+10	4	0,75 „ + 2 „ +6½ „
14	2,45	18	4319	4,98	3,70	215,1	159,8	0,74	−1	+3		

General-Tabelle XXIII (S. 57).

Der Gaswechsel beim Menschen nach Aufnahme von Brod.

I. Zunahme des Sauerstoffverbrauchs in %.

Person	Nr.	Datum	Aufnahme	Nüchternwerth ccm O_2	Stunden nach der Nahrungsaufnahme. 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Prof. Z.	14	19. III. 91	295 gr Weissbrod 50 gr Butter 300 ccm Wasser	214,1	+16	—	+ 5	—2	—	+8½	+7½	—	—	—
A. M.-L.	15	20. III. 91	255 „ „ 90 „ „ 325 „ „	227,0	+17	+11	+10½	—	+ 0	+5½	—	—	—	—
W.	19	— V. 91	280 „ „ 10 „ „ 750 „ „	219,1	+33	—	+32	+4		+3½	+12½	+11½	—	—
W.	25	8. VI. 91	345 „ Pumpernickel 750 „ „	219,7	+22½	+17½	+8	+0		+5	+6½	+5	+6	+4½
W.	50	22. XII. 91	85 „ Weissbrod 4 gr Butter 200 „ „	204,3	+12	+16	+4	+3	—	—	—	—	—	—
W.	51	24. XII. 91	85 „ „ 4 „ „ 200 „ „	216,7	+12	+11	—4	+2	—	—	—	—	—	—
O.	12	11. XII. 91	198 „ „ 250 „ Kaffee (sehr dünn)	257,6(?)	+2	+5	+1	—	— 3	+4	+ 3	—	—	—
II. Der respiratorische Quotient beträgt.														
	14			0,72	0,82	—	0,86	0,90	—	0,90	0,87	—	—	—
	15			0,78	0,82	0,77	0,86	—	0,82	0,81	—	—	—	—
	19			0,81	0,84	—	0,90	0,85		0,79	0,75	0,72	—	—
	25			0,77	0,88	0,91	0,89	0,89		0,81	0,79	0,80	0,78	0,81
	50			0,80	0,80	0,87	0,86	0,79	—	—	—	—	—	—
	51			0,71	0,79	0,84	0,86	0,75	—	—	—	—	—	—
	12			0,72	0,84	0,91	0,88	—	0,82	0,75	0,73	—	—	—

Special-Tabelle XXV (zu S. 57).
Versuch mit Pumpernickel (345 gr) beim Menschen (Nr. 25).
8. II. 91.

Nr. des Vers	Zeit	Dauer in Min.	Athemgrösse ccm	O_2-Deficit %	CO_2-Plus %	O_2-Verbrauch ccm	CO_2-Prod. ccm	RQ.	Zunahme d. O_2-Verbrauchs %	Zunahme d. CO_2-Prod. %	Stund. nach dem Essen	Bemerkungen
1	9,6	18	4973	4,30	3,32	213,8	165,1	0,77	—	—	—	
2	9,24	16	5369	4,20	—	225,5	—	—	—	—	—	
			Nüchternwerth			**219,7**	**165,1 ?**	**0,75 ?**	—	—	—	9[50] — 10[40] 345 gr frischer Pumpernickel, 750 ccm Wasser; starkes Sättigungsgefühl
3	10,57	9	6870	4,01	3,58	275,5	246,0	0,89				
4	11,6	14	6494	4,05	3,54	263,0	229,9	0,87				
						269,3	*238,0*	*0,88*	+22½	+44	1	
5	11,20	13	6551	3,95	3,55	258,8	232,5	0,90				
6	11,30	13	6719	3,83	3,51	257,3	235,8	0,92				
						258,1	*234,2*	*0,91*	+17½	+42	2	
7	12,40	15	5883	4,04	3,57	237,2	210,0	0,88				
8	12,55	15	5929	3,99	3,55	236,6	212.9	0,90				
						237,2	*211,5*	*0,89*	+8	+28	3	
9	1,51	15	5911	3,87	3,55	228,8	209,8	0,92				
10	2,6	16	5408	3,91	3,39	211,4	183,3	0,87				
						220,1	*196,6*	*0,89*	+0	+19	4	
11	3,24	14	5999	3,82	3,17	229,2	190,2	0,83				
12	3,38	16	5765	4,04	3,20	232,9	184,5	0,79				
						231,1	*187,4*	*0,81*	+5	+13½	5	
13	4,25	15	6098	3,87	3,17	236,0	193,3	0,82				
14	4,40	17	5747	4,05	3,07	232,8	176,4	0,76				
						234,4	*184,9*	*0,79*	+6½	+12	6	
15	5,25	16	5545	4,18	3,32	231,8	184,1	0,79				
16	5,41	16	5519	4,17	3,34	230,1	184,3	0,80				
						231,0	*184,2*	*0,80*	+5	+11½	7	
17	6,25	16	5323	4,42	3,45	235,3	183,6	0,78				
18	6,41	16	5216	4,25	3,47	230,5	181,0	0,79				
						232,9	*182,3*	*0,78*	+6	+10½	8	
19	7,55	17	5407	4,25	3,44	229,8	186,0	0,81	+4½	+12½	9	

Die beiden Reihen Nr. 50 u. 51 zeigen nach Aufnahme einer kleinen Ration (85 gr Weissbrod, 4 gr Butter, 200 ccm Wasser), etwa von der Grösse eines **sehr** kleinen ersten Frühstücks, übereinstimmend während zweier Stunden eine Steigerung des Sauerstoffverbrauchs um 11—16%, die in der 3. und 4. Stunde kaum mehr sichtbar ist. — Von den 5 anderen Reihen, in denen 198—345 gr Brod verzehrt wurden, fällt eine (Nr. 12) ganz heraus; sie zeigt kaum eine Steigerung des Sauerstoffverbrauchs, eine geringe der Wärmeproduktion, die betreffende Curve verläuft ähnlich, nur wenig

höher wie eine Hungercurve; einen sicheren Grund für diese vereinzelte Abweichung kann ich nicht angeben; über O., an dem dieser Versuch angestellt war, liegen nur wenig Erfahrungen vor und zwar aus dem Beginn meiner Arbeiten auf diesem Gebiete: für die Richtigkeit der Nüchternwerthe kann ich nicht mit Sicherheit bei ihm einstehen, obwohl der niedrige Werth des RQ. (0,72) in diesem Versuch für die Nüchternheit des Mannes an diesem Tage spricht.

Die anderen vier Reihen zeigen den Sauerstoffverbrauch [1]) bei einem Verzehr von etwa 140–160 gr Stärke, ca. 14–20 gr Eiweiss und wechselnden Mengen Butter in den ersten 3 Stunden beträchtlich, bis um 33% erhöht; in der 3ten Stunde sinkt die Curve meist schon ab, um in der 4ten und 5ten ziemlich die ursprüngliche Höhe zu erreichen; dann aber beginnt ein neuer Ansteig während mehrerer Stunden, der zwar nur klein ist, aber doch regelmässig wiederkehrt; einen ganz ähnlichen Verlauf zeigt die Curve eines weiter unten (S. 62) aufgeführten Versuchs Nr 28, in dem W. 140 gr Rohrzucker und 115 gr eines lockeren Napfkuchens (ca. 220 gr K. h.) erhielt. Wenn dieser zweite Anstieg nicht auf zufällige Umstände zurückzuführen ist, so könnte man ihn auf die erst in späteren Stunden nach der Aufnahme eintretende Darmverdauung beziehen. — Viel erheblicher als der Sauerstoffverbrauch wächst ja natürlich die Kohlensäureabgabe; das Verhalten derselben ist aus den beigegebenen Specialtabellen 24. 25, sowie aus der Uebersicht der respiratorischen Quotienten (Tab. 23) ersichtlich; letztere geben am schnellsten einen Einblick, in welcher Weise die Kohlehydrate in den einzelnen Stunden der Verdauung am Umsatz theilnehmen. Das zu erwartende Anwachsen des RQ. ist in allen Versuchen, und zwar bereits in der ersten Stunde, deutlich, verhältnissmässig am wenigsten in Nr 15; über den Werth von 0,90–0,91 geht er aber keinmal heraus; unter den eingehaltenen Bedingungen findet die Umwandlung und Resorption der Stärke nicht so schnell und energisch statt, um eine Ueberschwemmung des ganzen Körpers

1) Die Steigerung der Wärmeproduktion ist nach den früheren Auseinandersetzungen etwas grösser.

2) Aehnliche Curven finden sich in den unten mitgetheilten Versuchen über den Gaswechsel bei freigewählter Kost nach dem ersten (aus Kaffee und viel Butterbrod bestehenden) Frühstück.

mit Kohlehydraten und einen fast völligen Ausschluss der anderen Nahrungs- oder Körperbestandtheile von der Oxydation zu ermöglichen, wie das beim mit Reis gefütterten Hund der Fall gewesen. — Resorption aber hat, das ist unverkennbar, schon in der ersten Stunde stattgehabt; in der 4ten und 5ten Stunde kreisen, das geht ebenfalls aus der Tabelle hervor, noch reichlich Kohlehydrate im Körper; zu dieser Zeit sind aber die Oxydationsprozesse (siehe oben) nicht oder nur unwesentlich erhöht: ein Beweis dafür, dass nicht das Kreisen mit der Nahrung zugeführter verbrennlicher Molecüle an sich unbedingt den Umsatz im Körper steigern müsse. —

Hanriot und Richet[1]) sahen nach einer Kartoffelmahlzeit den respirator. Quotienten und den Gaswechsel steigen, ihre 2 Reihen ergaben aber bezüglich des Ablaufs der Erscheinungen entgegengesetzte Resultate.

Smith[2]) findet bei Kohlehydraten, die in beliebiger Form (Brod, Reis, Kartoffeln etc.; nur reine Stärke wirkte nicht) in kleinen Dosen gegeben wurden, die Kohlensäureausfuhr stets beträchtlich gesteigert, und bei nicht zu kleinen Gaben (125 gr) Reis, Brod, Hafermehl eine lang (d. h. über die zwei Stunden, die er der Untersuchung widmete) anhaltende Wirkung; Zucker trieb auch bei ihm die Athemthätigkeit in die Höhe, aber die Wirkung klang schneller ab, als bei Stärkezufuhr.

Eine Reihe von Versuchen mit Zucker am Menschen war bereits gemacht, als die weiter unten zu besprechende Publication Hanriot's erschien, der in ähnlichen Experimenten zu etwas anderen Resultaten gekommen war; um die Angaben dieses Autors zu prüfen, wurden die Reihen 76. 79. 94. 104. 114 unter den von Hanriot vorgeschriebenen Bedingungen, ausgestellt (Tab. 26—28 S. 62. 63).

In den drei Versuchen (Nr. 28, 29, 42), in denen grössere Mengen Rohrzucker aufgenommen worden sind, ist der Sauerstoffverzehr, ähnlich wie bei der Ernährung mit Brod, in den ersten Stunden deutlich gesteigert, freilich etwas weniger als in den entsprechenden Brodexperimenten. Legt der Rohrzucker dem Körper wohl auch weniger chemische Verdauungsarbeit auf, als die Stärke des Brodes, so kommt doch andererseits in Betracht, dass Rohrzucker in dieser Menge und Concentration zugeführt einen recht

1) Hanriot-Richet, Comptes rendus. Bd. 106. S. 496 ff.

2) Smith, Philosophical Transactions. 1859. S. 715.

General-Tabelle XXVI (zu S. 61).

Der Gaswechsel beim Menschen nach Aufnahme von Zucker.

I. Zunahme des Sauerstoffverbrauchs in %.

Nr.	Datum	Aufnahme	Nüchternwerth ccm O_2	Stunden nach Nahrungsaufnahme 1	2	3	4	5	6	7	8	Bemerkungen
28	15. VI. 91	100 gr Rohrzucker, 115 gr Kuchen	210,8	+16	+24	+21	+9½	+5		+9½	+12½	100 ccm sehr dünner kalter Kaffee
29	18. „ „	150 „ „ 300 ccm Wasser	237,9	+9	+6	—	—	—	—	—	—	
42	20. XI.	155 „ „ 500 „ „	225,7	+12	+8	+8	+12½	+0	+2	—	—	
76	29. III. 92	55 „ „ 750 „ „	229,8	−12½	−22(?)	—	—	—	—	—	—	
79	5. IV.	65 „ „ 750 „ „	229,4	+6	−2½	−5½	−10	—	—	—	—	
94	29. „ „	50+30 gr Traubenz., 1½ l „	204,3	+2	+5	−2½	−11½	—	—	—	—	D. zweiten 30 gr Zucker nach 1 St.
104	13. III. 93	60 gr Traubenz., 750 ccm „	204,5	+2½	−5	−1	−2	—	—	—	—	
114	29. „ „	55+30 gr. „ 1 l „	217,7	+7	−2	−3	−4	—	—	—	—	D. zweiten 30 gr Zucker nach 2 St.

II. Der respiratorische Quotient beträgt

Nr.	Datum	Aufnahme	Nüchternwerth	1	2	3	4	5	6	7	8	Bemerkungen
28			0,77	1,01	0,89	0,89	0,92	0,82		0,79	0,76	
29			0,73	0,83	0,89	—	—	—	—	—	—	
42			0,77	0,91	0,91	0,91	0,92	0,78	0,82	—	—	
76			0,80	0,84	0,88	—	—	—	—	—	—	
79			0,73	0,87	0,82	0,90	0,74	—	—	—	—	
84			0,81	0,90	0,92	0,93	0,90	—	—	—	—	
104			0,78	0,88	0,87	0,86	0,75	—	—	—	—	
114			0,76	0,76	0,84	0,82	0,85	—	—	—	—	

Special-Tabelle XXVII (zu S. 61).
Versuch mit Rohrzucker (155 gr) beim Menschen (Nr. 42).
26. XI. 91.

Nr. d. Vers.	Zeit	Dauer i. Min.	Athemgrösse ccm	O_2-Deficit %	CO_2-Plus %	O_2-Verbrauch ccm	CO_2-Production ccm	RQ.	Zunahme d. O_2-Verbrauch %	Zunahme d. CO_2-Prod. %	Stund. nach dem Essen	Bemerkungen
1	9,10	18	4804	4,53	3,45	217,6 1)	165,8	0,76	—	—	—	
2	9,31	17	4954	4,72	3,65	233,8 1)	180,8	0,77	—	—	—	
			Nüchternwerth			**225,7**	**173,8**	**0,77**	—	—	—	10^{5-20} 155 gr Rohrzucker $^1/_2$ Lit. Wasser.
3	10,40	8	6803	3,89	3,70	264,6	251,7	0,95	—	—	—	
4	10,48	15	5840	4,17	3,84	243,5	224,3	0,92	—	—	—	
5	11,04	15	5484	4,54	3,90	249,0	213,9	0,86	—	—	—	Versuch 3—10 sind in ununterbrochener Reihenfolge angestellt; in der Mitte dieser Zeit einmal Unruhe im Leib; am Ende bitterer Geschmack im Munde.
						252,4	*230,0*	*0,91*	+12	+33	1	
6	11,19	15	5702	4,18	3,80	238,4	216,7	0,91	—	—	—	
7	11,36	14	6189	4,14	3,95	256,3	244,5	0,95	—	—	—	
8	11,50	15	5562	4,32	3,77	240,3	209,7	0,87	—	—	—	
						245,0	*223,6*	*0,91*	+ 8	+29	2	
9	12,05	15	5451	4,41	3,94	240,4	214,8	0,99	—	—	—	
10	12,20	15	5892	4,22	3,91	248,6	230,4	0,93	—	—	—	
						244,5	*222,6*	*0,91*	+ 8	+29½	3	
11	1,35	13	6300	4,02	3,71	253,3	233,7	0,92	+12½	+35	4	
12	2,38	15	5602	4,04	3,16	226,3	177,0	0,78	+ 0	+ 2	5	
13	3,30	13	6437	3,58	2,93	230,4	188,6	0,82	+ 2	+ 9	6	

Sämmtliche Versuche tadellos; kein Unbehagen. Hunger am Schluss des Versuchs deutlich.

Special-Tabelle XXVIII (zu S. 61).
Versuch mit Traubenzucker (50 + 30 gr) beim Menschen (Nr. 94).
29. IV. 92.

Nr. d. Vers.	Zeit	Dauer i. Min.	Athemgrösse ccm	O_2-Deficit %	CO_2-Plus %	O_2-Verbrauch ccm	CO_2-Production ccm	RQ.	Zunahme d. O_2-Verbrauch %	Zunahme d. CO_2-Prod. %	Stund. nach dem Essen	Bemerkungen
1	7,17	26	6126	3,36	2,72	205,9	166,6	0,81	—	—	—	
2	7,45	27	5910	3,43	2,79	202,7	164,9	0,81	—	—	—	
			Nüchternwerth			**204,3**	**165,8**	**0,81**	—	—	—	8^{40} 50 gr Traubenzucker in 1 Lit. Wasser.
3	9,04	23	6806	3,13	3,77	213,0	188,5	0,89	—	—	—	
4	9,30	31	5869	3,46	3,11	203,1	182,5	0,90	—	—	—	
						208,1	*185,5*	*0,90*	+ 2	+12	1	10,15 noch 30 gr Traubenzucker in $^1/_2$ Lit. Wasser.
5	10,30	28	6581	3,27	3,00	215,2	197,4	0,92	+ 5	+19	2	
6	10,48	29	6400	3,24	3,09	207,3	197,7	0,95	—	—	—	
7	11,30	30	5974	3,20	2,88	191,2	172,0	0,90	—	—	—	Versuch 5—8 in ununterbrochener Reihenfolge ausgeführt.
						199,6	*185,0*	*0,93*	— 2½	+11	3	
8	12,00	34	5452	3,32	2,97	181,0	161,9	0,90	—11½	— 2½	4	

1) Hier eine Differenz von 8% zwischen dem Sauerstoffverbrauch zweier aufeinanderfolgender Nüchternversuche; die Differenz ist meist viel kleiner.

lebhaften Flüssigkeits- und Säftestrom im ganzen Körper erzeugt, und auch die Darmperistaltik stark anregt. Ein Steigen des RQ. ist auch hier nach Zuckeraufnahme die Regel, und zwar bis zu einer Höhe von 0,92 (mit Ausnahme eines Versuches); als diese 3 Reihen bereits vorlagen, erschien Hanriot's Arbeit[1]), der in Versuchen am Menschen ganz andere Werthe für den RQ. bis zu 1,25 und 1,30 beobachtet und auf diese Befunde eine neue Lehre aufgebaut hatte. Nach ihm wird eingeführter Traubenzucker weder zu Kohlensäure verbrannt noch als Glycogen, vielmehr quantitativ als Fett abgelagert. Seine Ausführungen sind etwa folgende. Bei der Umwandlung von Traubenzucker in Fett wird Kohlensäure (und Wasser) abgespalten und zwar nach folgender Formel[2]):

$13C_6H_{12}O_6 = C_{55}H_{104}O_6$ („oleo stearopalmitine")$+23CO_2+26H_2O$, d. h. 100 gr Traubenzucker liefern bei quantitativer Ablagerung als Fett 21,8 Liter CO_2, für die kein Sauerstoff aus der Luft aufgenommen wird. Der Autor bestimmte die respiratorischen Grössen, d. h. den Sauerstoffverbrauch, die Kohlensäureabgabe und den respiratorischen Quotienten zuerst im nüchternen Zustand, dann nach Aufnahme von Zucker so lange, bis der RQ. den Anfangswerth wieder erreicht hatte; letzteres ist nach ihm in ca. 4 Stunden „allemal der Fall bei Gaben von 23—350 gr (!) Glucose". Der Ueberschuss der in diesem Zeitraum producirten Kohlensäuremenge über diejenige Menge, die er nach dem in der gleichen Zeit verzehrten Sauerstoff hätte bei Beibehaltung des nüchternen RQ. liefern müssen, beweist nach Hanriot eine quantitative Abspaltung von Fett aus Zucker; denn er findet diesen Ueberschuss genau so gross, wie er hätte sein müssen, wenn der gereichte Traubenzucker unter Abspaltung von Kohlensäure (und Wasser) als Fett deponirt worden wäre. So findet er:

---

1) Hanriot, Sur l'assimilation des hydrates de carbone. Comptes rendus etc. 1892. S. 371.

2) Aehnliche damit im Wesentlichen identische Berechnungen dieser Umsetzungen liegen mehrfach vor, so u. a. von Meissl, Ztschr. für Biologie. Bd. 22. S. 142 Anm.

Tabelle von Hanriot.

RQ. nüchtern	Menge d. verzehrt. Traubenzuckers in gr	Dauer des Versuchs	Sauerstoffverbrauch in l	CO_2-Production in l	Kohlensäure-Ueberschuss in l	
					gefunden	berechnet
0,82	48	4h 3m	60,05	58,85	9,65	10,46
0,86	73	4h 40m	74,25	79,90	16,15	15,94
0,83	23	4h 10m	59,40	54,95	5,65	5,01

Der respiratorische Quotient berechnet sich für die ganze Dauer des Versuches 1 zu 0,96, 2 zu 1,08; d. h. im Durchschnitt von über 4 Stunden. Während des Versuches steigt er nach H. bis auf 1,25 bei Darreichung von 50 gr Traubenzucker (in 1 l Wasser), bis 1,30 bei 350 gr Traubenzucker[1]); ferner auf 1,08 nach Verzehr von 1,3 kg Kartoffeln; überhaupt findet H. den RQ. jedesmal grösser als 1,0, wenn man „ein Kohlehydrat" (ganz allgemein) in grossen Mengen Wasser giebt.

Dass Kohlenhydrate im Körper zu Fetten umgewandelt werden, ist nach den Untersuchungen der letzten 10—15 Jahre eine feststehende Thatsache; sicher nachgewiesen ist das aber nur für sehr grosse „Mast"dosen von Kohlehydraten; kleinere Mengen werden nach der in Deutschland herrschenden Ansicht direct verbrannt, und zum Theil, wenigstens nach der Lehre vieler Forscher, als Glykogen deponirt. Die Ansicht, dass Beides nicht der Fall sei, begründet H. rechnerisch auf der von ihm gefundenen enormen Höhe der respiratorischen Quotienten. Weder in der Literatur noch in meinen bei Erscheinen von Hanriot's Arbeit bereits gemachten Reihen Nr. 28, 29, 42 (s. Tab. 26 S. 62) hatte ich, mit Ausnahme eines 20 Minuten dauernden Versuches, in dem wahrscheinlich forcirtes Athmen stattgefunden hatte, je einen Quotienten über 1,0 gefunden. Die Versuche Nr. 76, 79, 94, 104, 114 (s. Tab. 26 S. 62) wurden nun genau nach Hanriot's Vorschrift angestellt, d. h. kleine Mengen (50—80 gr) Rohr- (2×) und Trau-

1) Eine kurze Kritik dieser Versuche s. auch Naturwissenschaftl. Rundschau. 1892. Nr. 28.

benzucker (3×) in sehr grossen Flüssigkeitsmengen ($^3/_4$—$1^1/_2$ l Wasser) gegeben. Auch jetzt stieg der RQ. nie über 0,93. In den drei letzten Reihen mit Traubenzucker wurden die Versuche continuirlich über mehrere Stunden ausgedehnt, um den Einwand auszuschliessen, dass in den sonst von mir zwischen 2 Versuchen eingeschobenen Pausen eine andere Respiration stattgefunden hätte, als im Experiment selber. Auch in keinem dieser Experimente wurden Zahlen beobachtet, die denen Hanriot's glichen; der RQ. blieb sogar niedriger, als ich es erwartet hätte; denn bereits 50 gr Traubenzucker hätten bei sofortiger völliger Verbrennung den respiratorischen Gaswechsel des Mannes in der Ruhe für etwa 4 Stunden völlig gedeckt, und dabei einen RQ. von nahe 1,0 hervorbringen müssen; die Verbrennung auf 8 Stunden vertheilt gedacht, hätte man während dieses Zeitraumes im Durchschnitt einen RQ. von 0,88—0,90 erwarten müssen; dagegen finden wir in Nr. 104 nach 4 Stunden denselben bereits wieder zu 0,75. Dass ein Theil des eingeführten Zuckers sofort zur Verwendung kommt, geht ja deutlich aus dem regelmässigen Anwachsen des RQ. hervor; ein anderer Theil wird, wie ich glaube, zunächst der Verbrennung entzogen, und bei der völligen Ruhe des Mannes wohl als Glykogen deponirt. Wir wissen ja, dass der thierische Organismus das Bestreben hat, sich in der Ruhe, selbst bei absoluter Carenz [1]) (in diesem Fall aus den Zerfallsprodukten des Eiweisses) an Glykogen anzureichern, ein Material anzuhäufen, das bei der Arbeit wieder verbraucht wird. Dies Bestreben ist wohl je nach dem verschiedenen Ernährungszustand und je nach abweichenden Bedingungen verschieden, und wie es scheint, bei meinem Versuchsmann ziemlich gross, bei anderen geringer: so fand Speck [2]), als er eine Reihe von Tagen vorwiegend Kohlehydrate genoss, in 4 Versuchen (von je 7 Minuten Dauer) eine Stunde nach Aufnahme von 6 gehäuften Esslöffeln Zuckers einen RQ. von 0,94, 0,96, 0,97, 1,0, und nach 3 Stunden noch 0,97. Zahlen über 1,0 finden sich aber auch hier nicht; und auch nur selten in den Versuchen von Zuntz und v. Mering [3]) sowie denen von Wolfers [4]) nach Einbringung von

1) cf. u. a. Vogelius, Verhandlungen der Berliner physiolog. Gesellschaft. 3. III. 1893. Vortrag von Prof. Zuntz.

2) Speck, Physiol. des menschlichen Athmens. Leipzig 1892. S. 32.

3) Z. u. M., Pflüger's Archiv. Bd. 32. S. 173 ff.

4) Wolfers, Pflüger's Archiv. Bd. 32. S. 222 ff.

Zucker in den Magen oder das Blut; nur in einer Reihe (Tab. XV, S. 193) finden sich „bei nicht dauernder Bestimmung der Kohlensäure" sehr hohe Werthe für den Quotienten (bis 1,20; der Sauerstoffverbrauch in dieser Viertelstunde scheint zweifelhaft) in Abwechslung mit verhältnissmässig niedrigeren.

Damit soll natürlich nicht gesagt sein, dass der respiratorische Quotient nicht über 1,0 steigen könne (dass keine Fettbildung aus Kohlenhydraten stattfände; letzteres steht ja vollkommen fest), nur soviel, dass es in den meisten Fällen nicht in dem Masse und für so lange Zeit stattfindet wie Hanriot angiebt; eine quantitative Umlagerung „Dédoublement des hydrates de carbone" in Fett und Kohlensäure (und Wasser) mit Hanriot[1]) anzunehmen, liegt nach den bisherigen Erfahrungen kein zwingender Grund vor.

Ein höheres Ansteigen der RQ. als beim Menschen habe ich beim Hunde gesehen, dem man ja weit erheblichere Mengen Stärke und Zucker auf einmal beibringen kann. Bereits bei einer kaum als Erhaltungsfutter dienenden Ration von 300 gr Reis = 225 gr Stärke stieg der RQ. bis 1,0. In den Versuchen, in denen der Hund neben etwa 70 gr Eiweiss 400 oder gar 500 gr Kohlenhydrate erhielt, war der RQ. von der 5ten bis 12ten Stunde fast dauernd auf der Höhe zwischen 1,00—1,06. Würden in der Stunde um diese Zeit 30 resp. neben ca. 1 resp. 2 gr Eiweiss (die Tagesnahrung enthielt 70 gr Eiweiss) etwa 13—14 gr Stärke[2]) vollständig verbrennen, ohne dass Kohlensäure aus weiterem Stärkematerial unter Fettablagerung frei würde, so betrüge der RQ. etwa 0,985 resp. 0,970. Da er in fast allen Versuchen stundenlang nicht unerheblich höher gefunden wurde, nach einer Methode, die (cf. Seite 19) eher etwas zu kleine Werthe für ihn ergiebt, so darf das unbedenklich, wie dies auch Hanriot ja mit Recht, nur in zu weitem Umfang thut, als eine weitere directe Bestätigung der Fettbildung aus Kohlenhydraten unter Kohlensäureabspaltung gedeutet werden. — Die aus diesen Zahlen etwa zu berechnende Menge von Fett, die aus Kohlenhydraten zur Ablagerung gekommen wäre, würde freilich nicht sehr

1) Wenn Hanriot auch in jener Abhandlung seine Auffassung streng nur für den Traubenzucker durchführt, so sagt er doch in einer zweiten Note (C. R. 1892. S. 432): J'ai montré, que les hydrates de carbone ingérés à l'état d'amidon ou de glucose sont convertis dans l'organisme en graisse avec dégagement d'acide carbonique".

2) Aus dem Gaswechsel um diese Zeit berechnet.

gross ausfallen, weniger gross, als man bei den erheblichen Mengen von Kohlehydraten erwarten sollte; wahrscheinlich wird auch beim Hund in der Ruhe, ähnlich wie das oben für den Menschen angeführt ist, ein grosser Theil des Zuckers als Glykogen deponirt[1]; ich glaube ziemlich sicher, dass man noch höhere Werthe für den RQ. bei ähnlicher Nahrung erhalten würde, wenn man den Hund erst durch erzwungene Ruhe (enger Käfig, Chloralschlaf; mein Hund wurde gewöhnlich in einem geräumigen Stall gehalten) mit Kohlenhydraten sättigen und seine Respiration dann nach Zufuhr von viel Stärke und Zucker untersuchen würde. — Respiratorische Quotienten von enormer Höhe müssen in Mastversuchen mit Kohlenhydraten zur Beobachtung kommen. Wenn bei Meissl[2] ein „Reisschwein" (Nr. 2) bei kolossaler Zufuhr pro Tag mindestens 364 gr Fett aus ca. 900 gr Stärke bildete, so werden dabei etwa 420 gr CO_2 frei, für die kein O_2 aus der Luft aufgenommen wird. Die Tagesproduction betrug 1522 gr CO_2, nach Abzug jener 420 gr also ca. 1100 gr, die nach den von Meissl eingehaltenen Bedingungen (einziges Futter = 2 kg Reis täglich) fast ausschliesslich aus der Verbrennung von Stärke herrühren; aus diesen Zahlen würde sich für den ganzen Tag ein Quotient von 1,3—1,35 (!) berechnen lassen.

Auf einen Punkt ist noch aufmerksam zu machen. Die Tabelle 26 zeigt in allen 5 Versuchen, in denen kleinere Mengen Zucker verzehrt waren, von der 2ten—4ten Stunde einen niedrigeren Sauerstoffverzehr, als im nüchternen Zustand; dies Factum ist in keiner einzigen meiner ca. 100 Serien umfassenden Arbeit je eingetreten, hier regelmässig; der geringe Abfall (nur in Reihe 76 ist eine Verminderung von 22 % wohl fraglich und möglicherweise durch einen Fehler bedingt) ist leicht verständlich, da der Sauerstoff in diesen Reihen ein grösseres calorisches Aequivalent besitzt, die Wärmeproduction ist nicht oder nur minimal gesunken; die Resorption und die „Verdauungsarbeit" findet wohl hauptsächlich in der 1ten Stunde statt, und hier ist auch eine kleine Steigerung des Umsatzes deutlich; in der 2ten—4ten nicht mehr, trotzdem hier noch

---

1) Auch war der in den Kohlehydraten und dem Eiweiss dieser Fütterungsreihe enthaltene Energieüberschuss lange nicht so gross, wie in den Mastversuchen von Meissl, Rubner u. a.

2) Meissl, Zeitschr. f. Biologie. Bd. 22. S. 63 ff.

reichliche Mengen von verbrennlichen Molecülen im Körper kreisen; eine ähnliche Beobachtung findet sich bei Speck[1]): $^1/_2$—1 Stunde nach Verzehr von 6 Löffeln Rohrzucker eine Steigerung von durchschnittlich 14 % des Sauerstoffverzehrs, 3 Stunden später (allerdings liegt nur ein Versuch vor) eine Abnahme von 6—7 % (RQ. = 0,97); auch bei Speck ist dieser Versuch mit Zucker der einzige, bei dem der Sauerstoffverzehr unter den Nüchternwerth herabsinkt.

Der Gaswechsel bei Aufnahme von Eiweiss beim Hund.

Ueber Fütterung mit Eiweiss liegen mir eine ganze Reihe von Versuchen am Hund, einige am Menschen vor. Da es zunächst nicht auf genaue Stickstoffbilanzen ankam, so wurde das verfütterte Pferde-Fleisch zumeist nicht analysirt, sein N-Gehalt zu 3,2 sein Fettgehalt zu 3,0 % geschätzt, das daneben zur Verwendung gelangende Fleischmehl enthielt nach eigenen Analysen 12,3 % N, und 14,93 % Fett, somit entsprachen 100 gr Fleischmehl etwa 385 gr frischem Fleisch von obigem N- und (annähernd einer ebenso grossen Menge von obigem) Fettgehalt. Es kamen bei grösseren Fleischmengen schon aus dem Fleisch allein nicht ganz unerhebliche Mengen von Fett gleichzeitig mit dem Eiweiss zur Aufnahme; in einigen Versuchen wurde sogar noch freies Fett dem Futter zugesetzt; nach den obigen Auseinandersetzungen über die geringe Wirkung des Fettes auf die Veränderungen im Athemprozess, geht man kaum fehl, wenn man die wirklich eintretenden fast ausschliesslich auf Rechnung des Eiweisses setzt. Und dieselben sind erheblich und auffällig genug. Ein Blick auf die Generaltabelle (29^I Anhang u. Tab. 29^{II} S. 72/73) zeigt auf den ersten Blick, dass die Steigerungen des Sauerstoffconsums weitaus grösser sind als bei den Kohlehydraten und Fetten; gleichzeitig aber auch, dass in dem Ablauf dieser Function durchaus nicht überall die in den anderen Reihen beobachtete Gleichmässigkeit zu finden ist, die dort Mittelwerthe zu construiren erlaubte. Ferner ist die Beurtheilung einzelner Versuche dadurch etwas erschwert, dass häufig beim Fleischfutter, und nur bei diesem, der Athemtypus entschieden verändert war. Bei sehr grossem Eiweissconsum und meist auf der Höhe der Verdauung, in der 4ten—10ten Stunde, begann der Hund häufig ganz plötzlich, oder auch all-

1) Speck, D. menschl. Athmen. S. 32.

mählich an zu „hacheln", d. h. die Athmung wurde äusserst frequent, sehr oberflächlich, die Zunge wurde weit aus dem Maul hervorgestreckt und während der Hund im übrigen in vollster Ruhe auf dem Sopha lag, war das Spiel der Athemmuskulatur höchst intensiv. Der Hund machte vollkommen den Eindruck eines Thieres, das sich in Wärmepolypnoe [1]) befindet; in den extremsten Fällen wurden bis über 100 „Athemzüge" in der Minute gezählt, bei denen bis zu 10 und 11 l Luft die Lungen des Hundes passirten: in der Ruhe betrug die Athemgrösse des Thieres 2500—3500 ccm, die Athemfrequenz 8—15, auf der Höhe der Verdauung sonst bis 6000 resp. etwa 25. Aber diese vermehrte Luftzufuhr war durchaus nicht die hauptsächliche, geschweige die alleinige Ursache der zu gleicher Zeit erfolgenden rapiden Steigerung der Oxydationen, was ja nach unseren Kenntnissen über die Wirkung der gesteigerten Ventilation auch kaum sein kann; oft genug wurden bei ganz ruhigem Athmen ähnlich hohe Werthe für den Sauerstoffverbrauch gefunden (300 ccm und mehr), wobei die Athemgrösse sich zwischen 5000 und 6000 ccm, die Frequenz unter 25 ja selbst um 15 herum hielt, das Sauerstoffdeficit 5% und mehr betrug. In diesen Fällen war die Athmung sehr vertieft. Diese Wirkung kam ausschliesslich proteinhaltigem Futter zu und war um so grösser, je mehr Eiweiss dasselbe enthielt. — Die beiden Tab. Nr. 29 I u. II [2]) geben die absoluten wie die relativen Zahlen des Sauerstoffverbrauchs bei vorherrschender Eiweissfütterung; die Tabelle zeigt die Versuche angeordnet nach der Grösse der Proteinzufuhr in aufsteigender Reihe; sie enthält ausser den mit Fleisch und Fleischmehl durchgeführten Versuchen einen (Nr. 109), in dem Aleuronat gegeben wurde; diejenigen Stunden, in denen Unruhe oder starkes Hacheln die Reinheit des Versuchs beeinträchtigte, sind fortgelassen oder aber bezeichnet.

Mit der Grösse der Zufuhr wächst ganz unverkennbar auch der Sauerstoffverbrauch; je mehr Eiweiss das Futter enthält, um so grösser ist die Steigerung und um so länger hält sie an, wie u. a. die Reihen 95 und 96 zeigen gegenüber denjenigen Nr. 83, 89, 102, 106. Die Steigerung setzt in der ersten Stunde sofort ein, und erreicht schon in der zweiten recht erhebliche Werthe (Plus von 20—50 und sogar 70% d. Anfangswerthe). In der 3ten—4ten

1) Ohne dass eine erhebliche Temperaturerhöhung vorhanden war.

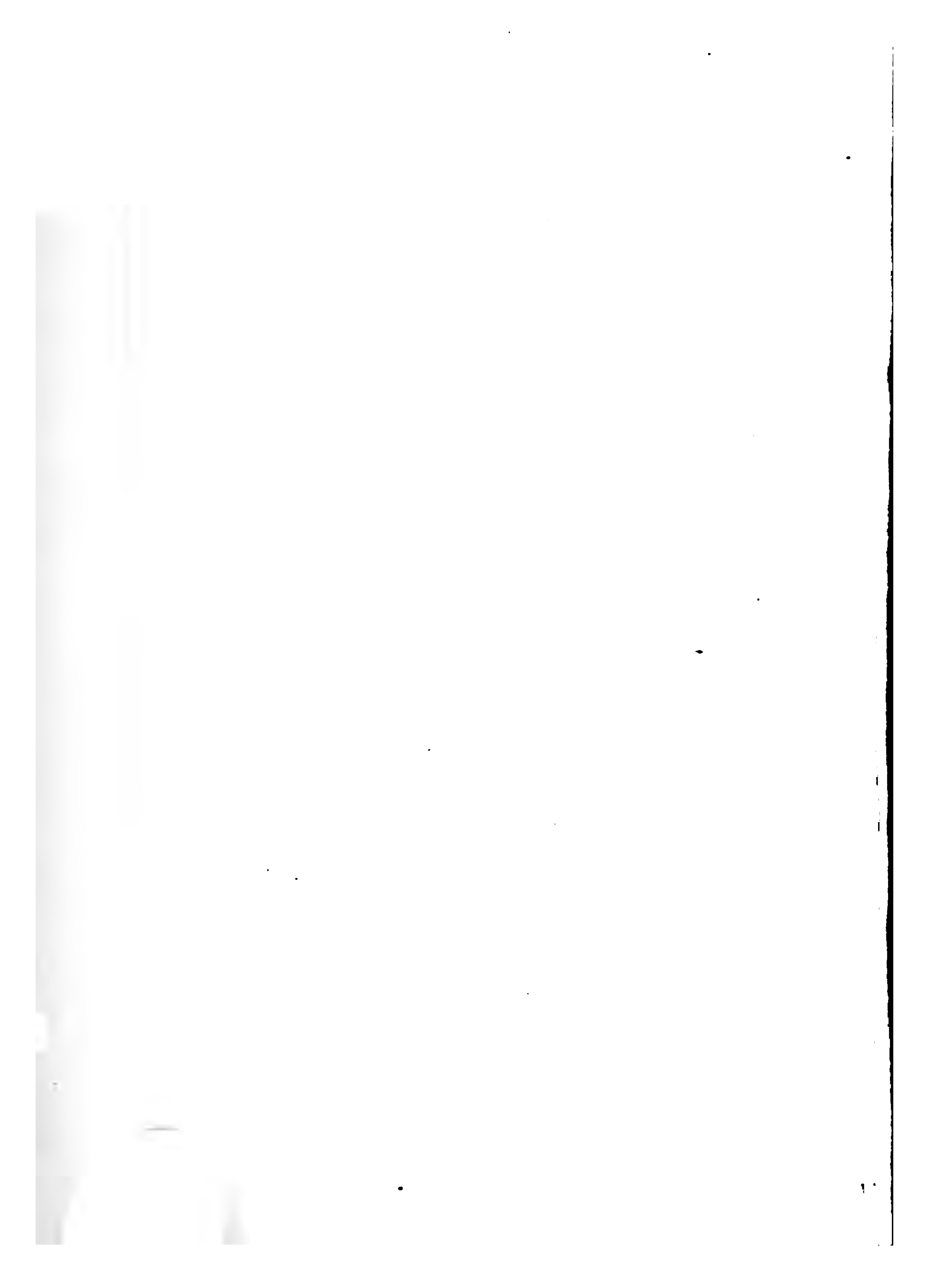
2) Tab. 29 I im Anhang, 29 II S. 72/73.

hrungsaufnahme												
14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	27	30
160,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	173,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4,1	160,9	—	—	—	136,7	—	—	147,3		—	—	—
—	156,0	—	143,4	—	—	137,6	—	143,9	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	177,6	—	185,9	186,7
231,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	185,7	185,9
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
219,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
247,3[1]	258,0[1]	196,6		202,9	179,3		202,2	159,5		168,3	—	—

orn S. 32. 4 u. 5) Versuch 53—63 gehört in eine Periode in der dauernd diese grosse

rung voran. 6) = ca. 1800—1850 frisches Fleisch. 7) Der Hund erhielt dies Futter

en 957 Calorien. 59,3 gr N entsprechen 1542 Calorien.



Stunde ist die Höhe zumeist erreicht, auf der der Verbrauch sich dann während einer ganzen Reihe von Stunden hält; bis zur 7ten u. 8ten schon bei ganz kleinen Mahlzeiten, bei mittleren bis zur 10ten und noch länger bis zur 12ten—15ten Stunde in den Reihen 92, 95, 96. Nach 24 Stunden scheint die Wirkung meist abgeklungen zu sein. Eine maximale Zunahme des Sauerstoffverzehrs um 40—50% wird schon bei einer Zufuhr von 37 gr Stickstoff, die allein noch dem nothwendigsten Bedarf des Hundes nicht genügten, erreicht; bei kleinen Mengen Fleisch (400 gr) beträgt die grösste Steigerung schon 30%, während sie auf 60—70% ja selbst noch höher in tadellosen Versuchen bei Zufuhr von ca. 60 gr N. steigt. — Die grössten Werthe für den Sauerstoffverbrauch (300—390 ccm O_2) wurden in 3 zeitlich nahe gelegenen Reihen Nr. 56, 60, 63, beobachtet, wo gewissermassen eine Superposition stattgefunden hat. In diesem letzten Versuch (63) hatte der Hund, nach Feststellung seines Nüchternwerthes von 9—11 Uhr Abends um 11 Uhr Nachts seine grosse Fleischration gefressen, durch ein Versehen des Dieners erhielt er dieselbe am nächsten Morgen noch einmal. Die so innerhalb von 9 Stunden erfolgte Einverleibung von 600 gr Fleischmehl und 1400 gr Fleisch (entsprechend 118, 6 gr N., 132 gr Fett, ca. 4250 Calorien) steigerte denn auch den Sauerstoffverbrauch für eine ganze Reihe von Stunden um 80—90%, führte aber freilich hinterher zu Diarrhoe (cf. Tab. 34 S. 76). Einen ähnlich hohen Verbrauch finden wir auch in Nr. 56 und 60, wo zwar nur das gewöhnliche Futter einmal gegeben wurde, aber ganz enorm hohe Nüchternwerthe vorlagen, deren Richtigkeit übrigens durch mehrere scharf stimmende Einzelversuche sicher gestellt war. Trotz der hohen Anfangswerthe (250 ccm O_2) steigt die Curve des Verbrauchs noch rapid an, erreicht eine bedeutende Höhe (390 ccm) verläuft aber doch ähnlich wie andere Reihen mit niederem Ausgangswerth. — Von den 10 Reihen mit überschüssiger Eiweisszufuhr gehören die ersten 6 einer Periode dauernder Ernährung mit jener Fleischration an, die 4 letzten sind in eine Reisfütterungsperiode eingeschoben, so dass Nr. 86, 92, 95 je den ersten und einzigen Tag mit grosser Fleischnahrung darstellen; Nr. 96 ist der zweite Tag einer solchen; (Nr. 53 ist ebenfalls der erste Tag jener längeren soeben erwähnten Fütterungsreihe). Die procentische Zunahme des Verbrauchs ist in jenen ersten 6 Reihen etwas grösser als in den späteren eintägigen Versuchen; da aber in jener Periode stets höhere zum Theil sehr viel

General-T

Der Gaswechsel des Hundes

Die prozentuale Zunah

Nr.	gr N in der Nahrung	absol. Grösse d. Sauerstoffverbrauchs i. nüchternen Zust. ccm O_2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	1
83	13,2	152,2	6½	19	21	20	29	21½	29	27½	25½	21½	17	13
89	—	153,8	21½	31	27	22	21		15	18	12½	12	1	6
26	24,6	179,2	6½	21½	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—
27	—	163,5	20	30½		34	—	48	—	—	—	—	—	—
31	—	152,4	18	29		37½	50	52	—	—	—	—	—	—
47	31,0	172,6	24	38½	50	45½	31½	33½	35½	37½	—	—	—	—
52	—	173,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	139
102	36,8	146,9	16½	29½	27	37	37	28½	31½	40	43	35½		30
106	—	139,3	22	46	51	47	51	39	40	41	50	—	44	—
109	36,6 [2])	149,3	15	43	45	35½	35	21½	17	15½	—	5	—	—
53	59,3	185,5	27½	51½	—	56	57½	—	—	—	—	—	—	—
55	—	182,7	46	70	78	—	—	—	—	—	—	—	—	—
56	—	252,7	20	36	44½	53½	28	40	33	39	—	—	—	—
60	—	253,1	—	—	—	43	26½	39	56	39½	26	—	—	—
62	—	186,6	—	—	—	—	—	—	93	59	53½	—	—	—
63	—	182,7	—	71	—	88½	92	89	85½	71½	—	—	40	
86	—	155,8	35½	40½	36½	25½	43	52	71	—	—	—	—	—
92	—	146,1	28	48	47½	58½	50	32½		32	44	68	—	—
95	—	145,2	36½	47	52	60½	61		48	52½		38	63½	60
96	—	169,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	42½	57	29½

1) Tab. 29 I enthaltend die absolute Grösse des Sauerstoffverbrauchs s. im Anhang.

elle XXIX^II 1) (S. 70).

tterung mit Eiweiss (Fleisch).

s Sauerstoffverbrauchs.

13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	27	30	Stund. nach Nahrungs-aufnahme
/2	5½	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
½	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
)	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	11½	10	—	—	—	6½	—	—		0	—	—	—	
8	—	12	—	3	—	—	−1	—	+3	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	−4½	—	0	0	
—	27	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+2	+1	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
60	51	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
29½	46	52		16	19½		6	19		−6	−1	—	—	

2) Aleuronatfutter.

Special-Tabelle XXX (S. 70).

Versuch mit kleiner Ration Fleisch (400 gr) beim Hund (Nr. 83).

9. IV. 92.

Nr. des Vers.	Zeit	Dauer in Min.	Athemgrösse ccm	O_2-Deficit %	CO_2-Plus %	O_2-Verbrauch ccm	CO_2-Prod. ccm	RQ.	Zunahme d. O_2-Verbrauchs %	Zunahme d. CO_2-Prod. %	Stund. nach d. Fütterung	Temperatur im Anus	Bemerkungen
1	9,30	27	3071	4,99	3,45	153,3	106,0	0,69	—	—	—	—	vor 25 St. 315 gr rein. Speck,
2	9,59	26	3269	4,62	3,21	151,0	104,9	0,70	—	—	—	—	daher niedriger Quotient. Gewicht 28,0 kg
			Nüchternwerth			**152,2**	**105,5**	**0,69**	—	—	—	37,7	10[30-45] 400 gr mag. Fleisch
3	11,19	29	2921	5,54	3,80	161,8	111,0	0,69	+6½	+5	1	37,7	
4	12,16	26	3205	5,64	4,08	180,8	130,8	0,72	+19	+24	2	37,65	
5	1,33	25	3525	5,23	3,86	184,4	136,1	0,74	+20	+29	3	37,5	
6	2,31	25	3304	5,54	4,02	183,0	132,8	0,73	+20	+26	4	37,6	
7	3,37	24	3599	5.45	3,90	196,1	140,3	0,72	+29	+33	5	37,7	
8	4,29	26	3294	5,61	4,10	184,8	135,1	0,73	+21½	+28	6	37,8	
9	5,21	24	3604	5,43	3,97	195,7	143,1	0,73	+29	+36	7	37,6	währ. 2 Min. leichte Beweg.
10	6,29	25	3447	5,63	4,21	194,1	145,1	0,75	+27½	+38	8	38,0	
11	7,26	22	3964	4,82	3,58	191,1	141,9	0,74	+25½	+35	9	38,1	
12	8,40	25	3389	5,45	3,93	184,7	133,2	0,72	+21½	+26	10	38,1	
13	9,26	26	3326	5,35	3,92	177,9	130,4	0,73	+17	+23½	11	38,0	
14	10,21	26	3135	5,47	3,93	171,5	123.2	0,72	+13	+17	12	37,9	
15	11,21	30	2797	5,69	4,07	159,2	113,8	0,72	+4½	+8	13	37,9	
16	12,18	19	2879	5,57	4,00	160,4	115,2	0,72	+5½	+9	14	?	

Special-Tabelle XXXI (S. 70).

Versuch mit mittlerer Ration Fleisch (1050 gr) beim Hund (Nr. 106).

15. III. 93.

Nr. des Vers.	Zeit	Dauer in Min.	Athemgrösse ccm	O_2-Deficit %	CO_2-Plus %	O_2-Verbrauch ccm	CO_2-Prod. ccm	RQ.	Zunahme d. O_2-Verbrauchs %	Zunahme d. CO_2-Prod. %	Stund. nach d. Fütterung	Temperatur im Anus	Bemerkungen
1	8,53	30	2947	4,68	3,75	137,9	110,5	0,80	—	—	—	—	nüchtern seit 25 Stunden
2	9,25	27	3169	4,44	3,65	140,7	115,7	0,82	—	—	—	—	Gewicht 29,7 kg (?)
			Nüchternwerth			**139,3**	**113.1**	**0,81**	—	—	—	37,9	10[15–25] 1050 gr frisches Hackfleisch
3	10,34	29	3249	5,25	4,07	170.6	132,2	0,78	+22	+17	1	38,1	
4	11,35	30	3852	5,28	4,17	203,4	160,6	0,79	+46	+42	2	38,1	
5	12,36	24	4811	4,38	3,57	210,7	171,8	0,82	+51	+52	3	38,1	
6	1,34	25	4563	4,51	3,59	205,8	163,8	0,80	+47½	+45	4	38,0	
7	2,41	24	4589	4,59	3,66	210,6	168,0	0,80	+51	+49	5	38,3	
8	3,51	20	4291	4,52	3,60	193,9	154,5	0,80	+39	+37	6	38,2	
9	4,35	21	4139	4,72	3,61	195,4	149,4	0,77	+40	+32	7	38,2	
10	5,35	21	4166	4,72	3,63	196,6	151,2	0,77	+41	+31	8	38,2	
11	6,35	21	4058	5,14	3,88	208,6	157,5	0,76	+50	+39	9	38,4	
12	8,48	22	3928	5,12	3,94	201,1	154,8	0,77	+44	+37	11	38,2	
13	10,12	17	5174	3,46	2,61	179,0	135,0	0,75	+28	+20	13	38,2	etwas frequente Athmung
14	12,28	23	3654	4,27	3,39	156,0	123,9	0,79	+12	+10	15	37,8	schläft
15	2,19	27	3202	4,48	3,36	143,4	107,6	0,75	+3	−5	17	37,8	schläft
16	5,47	31	2558	5,38	3,82	137,6	97,7	0,71	−1	−14	20	—	
17	7,34	31	2783	5,17	3,61	143,9	100,5	0,70	+3	−11	22	38,0	

Special-Tabelle XXXII (S. 70).

Versuch mit grosser Ration Fleisch beim Hund (Nr. 95). 30. IV. 92.

Nr. des Vers.	Zeit	Dauer in Min.	Athemgrösse ccm	O_2-Deficit %	CO_2-Plus %	O_2-Verbrauch ccm	CO_2-Prod. ccm	RQ.	Zunahme d. O_2-Verbrauchs %	Zunahme d. CO_2-Prod. %	Stund. nach d. Fütterung	Temperatur im Anus	Bemerkungen
1	8,19	30	2869	5,06	3,90	145,2	111,9	0,77	—	—	—	—	nücht. seit 24 St.; gest. Reis-
2	8,50	28	2976	4,88	3,86	145,2	114,9	0,79	—	—	—	37,8	nahrung. Gewicht 28,20
			Nüchternwerth			**145,2**	**113,4**	**0,78**	—	—	—	—	9,30-45 1250 gr frisch. Hackfleisch u. 165 gr Fleischmehl } gekocht
3	10,09	29	3981	4,97	4,12	197,9	164,0	0,83	+36½	+44½	1	37,8	
4	11,08	25	4594	4,64	3,86	213,2	177,3	0,83	+47	+56½	2	—	
5	12,06	23	5053	4,37	3,57	220,8	180,4	0,82	+52	+59	3	38,2	
6	1,10	20	5961	3,91	3,08	233,1	183,6	0,79	+60½	+62	4	—	
7	2,40	21	8724	2,68	2,07	233,8	180,6	0,77	+61	+59	5½	38,65	sehr frequente flache Athm.; kein eigentl. „Hacheln", Zunge hängt nicht a. d. Maul
8	4,05	24	7681	2,79	2,15	214,3	165,1	0,77	+48	+45½	7	38,6	dito
9	5,34	30	6029	3,67	2,73	221,3	164,6	0,74	+52½	+45	8½	38,35	etwas ruhigere Athmung
10	7,15	26	6413	3,13	2,44	200,7	156,5	0,78	+38	+38	10	38,4	
11	8,09	14	9110	2,61	2,01	237,8	183,1	0,77	+63½	+61½	11	—	sehr frequ. jagende Athm. (säuft etwas Wasser)
12	9,32	27	6834	3,40	2,56	232,4	174,9	0,75	+60	+54	12½	38,1	Athm. etwas ruhiger, fre-
13	11,01	27	6689	3,28	2,30	219,4	153,9	0,70	+51	+36	14	—	quent aber nicht forcirt

Special-Tabelle XXXIII (S. 70).

Versuch mit grosser Ration Fleisch beim Hund (Nr. 96). 1./2. V. 92.

Nr. des Vers.	Zeit	Dauer in Min.	Athemgrösse ccm	O_2-Deficit %	CO_2-Plus %	O_2-Verbrauch ccm	CO_2-Prod. ccm	RQ.	Zunahme d. O_2-Verbrauchs %	Zunahme d. CO_2-Prod. %	Stund. nach d. Fütterung	Temperatur im Anus	Bemerkungen
	Ab.												
1	9,31	40	3044	5,54	3,98	168,6	121,1	0,72	—	—	—	—	etw. höhere Nüchternw. als
2	10,13	32	3135	5,44	3,88	170,6	121,6	0,71	—	—	—	38,4	sonst i. d. Reihe; Gew. 27,40
			Nüchternwerth			**169,6**	**121,4**	**0,72**	—	—	—	—	11 Uhr Ab. 1250 gr Fleisch, 165 gr Fleischmehl, gekocht
	früh												
3	8,34	24	4872	4,96	3,55	241,7	173,0	0,72	+42½	+43	10	38,5	sehr ruhig (säuft n. Schluss)
4	9,41	18	6779	3,93	3,28	266,4	222,2	0,83	+57	+83	11	38,4	zum Schluss d. Versuchs etwas frequentere Athmung
5	11,07	23	4948	4,44	3,33	219,7	164,8	0,75	+29½	+36	12½	—	sehr ruhig (säuft n. Schluss)
6	12,31	24	7801	3,17	2,38	247,3	185,7	0,75	+46	+53	14	—	sehr frequente Athmung
7	1,31	19	10277	2,51	1,96	258,1	201,4	0,78	+52	+76	15	38,5	jagende Athmung
8	3,04	22	5446	3,61	2,81	196,6	153,0	0,78	+16	+28½	16½	—	ganz ruh. Athm. (Verlust?)
9	4,39	25	4570	4,44	3,45	202,9	157,6	0,78	+19½	+30	18	38,1	absolut ruhig
10	6,04	26	4248	4,22	3,30	179,3	140,2	0,78	+6	+15	19½	—	dito
11	7,30	26	4444	4,55	3,58	202,0	159,1	0,79	+19	+32	21	38,2	dito
12	9,09	31	3585	4,46	3,25	159,9	116,5	0,73	−6	−4	22½	—	
13	10,23	30	3672	4,59	3,15	168,3	115,7	0,69	−1	−4½	24	—	

Special-Tabelle XXXIV (S. 70).

Versuch mit excessiver Ration Fleisch beim Hund (Nr. 63). 8. III. 92.

Nr. des Vers.	Zeit	Dauer in Min.	Athem-grösse ccm	O_2-Deficit %	CO_2-Plus %	O_2-Verbrauch ccm	CO_2-Prod. ccm	RQ.	Zunahme d. O_2-Verbrauchs %	Zunahme d. CO_2-Prod. %	Stund. nach d. Fütterung	Temperatur im Anus	Bemerkungen
	8. II. 92 früh												seit 25 Stunden nüchtern
1	9,42	18	2962	6,60	5,06	195,5	149,9	0,77	—	—	—	—	
2	1,50	17	3174	5,75	4,42	182,5	140,3	0,77	—	—	—	—	bleibt tagsüber ohne Nahrung
3	2,09	18	3034	5,78	4,36	175,4	132,3	0,75	—	—	—	—	
	Abends												
4	9,53	20	2763	6,54	4,70	180,7	129,8	0,72	—	—	—	—	
5	10,17	20	2692	6,66	4,77	179,3	128,4	0,72	—	—	—	—	
			Nüchternwerth			**182,7**	**136,1**	**0,75**	—	—	—	—	**Mittel der 5 Tagesversuche:**
	9. II. 92 früh												Futter 11 h Ab. 300 gr Fleischmehl, 700 gr frisches Fleisch
6	9,54	17	5068	6,04	4,82	306,1	244,3	0,80					„ 8 h früh 300 „ „ 700 „ „ „
7	10,11	16	5592	5,71	4,60	319,4	257,1	0,81					in toto 600 gr Fleischmehl, 1400 gr frisches Fleisch
						312,8	*250,7*	*0,80*	+71	+84	2	—	ganz ruhige, nicht forcirte Athmung
8	12,36	15	5813	5,92	4,58	344,1	266,2	0,77	+88	+96	4	—	
9	12,54	12	6781	5,16	4,10	349,9	278,0	0,80	+92	+104	5	—	die Athmung am Schluss des Versuches etwas forcirt
10	2,01	16	5281	5,55	4,94	345,9	260,9	0,75	+89	+92	6	38,7	
11	3,02	13	6451	5,25	4,07	338,7	262,6	0,78	+85½	+93	7	—	
12	4,08	13	6802	4,60	3,43	312,9	233,3	0,75	+71½	+71½	8	—	stark riechend., theils fest, theils diarrhoisch. Koth entleert
13	7,34	17	5074	5,04	4,07	255,8	206,5	0,81	+40	+51½	11½	38,1	
14	10,05	21	4254	5,45	4,40	231,8	187,2	0,81	+27	+38	14	—	
	10. II. 92 früh												der Hund bleibt nüchtern
15	9,49	17	3171	5,91	4,26	187,4	135,1	0,72					
16	10,06	17	3256	5,65	4,28	184,0	139,4	0,76					
						185,7	*137,3*	*0,74*	+2	+1	26	—	**Mittel dieses Tages:** 187,1 ccm O_2
17	12,32	18	2986	6,13	4,54	183,1	135,6	0,74					137,7 ccm CO_2
18	12,50	17	3485	5,30	4,26	184,7	148,4	0,80					0,720
						183,9	*142,0*	*0,77*	+1	+4½	29	—	
19	4,32	21	2680	7,15	5,01	191,6	134,2	0,70	+5	+1	33	—	
20	7,29	21	2642	7,24	5,05	191,3	133,4	0,70	+4½	+2	35	—	

Special-Tabelle XXXV (S. 70 u. 83).

Versuch mit Aleuronat beim Hund (Nr. 109). 20. III. 93.

Nr. des Vers.	Zeit	Dauer in Min.	Athemgrösse ccm	O_2-Deficit %	CO_2-Plus %	O_2-Verbrauch ccm	CO_2-Prod. ccm	RQ.	Zunahme d. O_2-Verbrauchs %	Zunahme d. CO_2-Prod. %	Stund. nach d. Fütterung	Temperatur im Anus	Bemerkungen
1	9,01	30	3091	4,84	3,55	149,6	109,7	0,73	—	—	—	—	nüchtern seit 24 Stunden
2	9,33	27	3340	4,86	3,35	149,0	111,9	0,75	—	—	—	—	
			Nüchternwerth			**149,3**	**110,8**	**0,74**	—	—	—	—	10[0]–[15] 270 gr Aleuronat[1]) (Hundhausen) m. 20 gr Fett z. Kuch. geback. = 36,6 gr N
3	10,44	27	3328	5,16	3,59	171,7	119,5	0,70	+15	+18	1	—	
4	11,44	22	5084	4,19	3,25	213,0	165,2	0,78	+43	+54½	2	—	
5	12,45	15	7644	2,82	1,97	215,6	150,6	0,70					vor d. Versuch Hacheln; im Vers. sehr frequente Athmung (bis 60 Athemzüge) mit geschloss. Maul, genau wie bei Fleischnahrung
6	1,00	7	9013	2,44	1,81	219,9	163,1	0,74					
						217,0	*156,8*	*0,72*	+45	+41½	3	38,6	
7	1,48	25	4553	4,45	3,38	202,6	154,1	0,76	+35½	+39	4	—	
8	2,48	26	4551	4,44	3,41	202,0	155,2	0,77	+35	+40	5	38,5	
9	3,54	19	6010	3,02	2,23	181,5	134,0	0,74	+21½	+21	6	—	
10	4,51	33	3631	4,81	3,73	174,7	135,5	0,78	+17	+22	7	—	
11	5,49	32	3665	4,71	3,60	172,6	131,9	0,76	+15½	+19	8	38,3	
12	7,16	34	3364	4,67	3,48	157,1	117,1	0,75	+5	+6½	10	—	

erheblichere Nüchternwerthe vorlagen, als in den späteren Versuchen, so ist die absolute Zunahme auch beträchtlich grösser; die gleiche Zufuhr bewirkte in diesen eine maximale Zunahme der Sauerstoffaufnahme um 80—100 ccm, in jenen um 120—150 ccm; einem Maximalwerth von 267 in diesen, stehn in jenen Werthe von 350, 360, 390 ccm O_2 gegenüber. — Je höher durch längere günstige Ernährung der Bestand an „Organ- und circulirendem Eiweiss" ist, um so mehr zerfällt bekanntlich nach Voits Feststellungen von dem zugeführten Eiweiss, um so mehr N findet sich in den Ausscheidungen; es war zu erwarten und wird durch meine Zahlen bestätigt, dass unter denselben Bedingungen auch der Gaswechsel steigt, was auch schon von Rubner angegeben und mit einem Beispiel belegt ist; ich komme hierauf noch später zurück.

Für drei verschiedene Fütterungsreihen, diejenigen mit 400[2]), mit 1050 gr[2]) Fleisch und die mit 1200 Fleisch und 165 Fleischmehl = ca. 1850 gr[2]) fr. Fleisch, will ich versuchen, aus den Durch-

1) Das Aleuronat hat 13,56 % N.

2) s. Tabelle 29 I u. II.

schnittswerthen der einzelnen Stunden einen ungefähren Anhalt über die Gesammttagessteigerung des Sauerstoffverbrauchs und auch der Wärmeproduction zu ermitteln; ein Versuch, der freilich bei dem nicht sehr grossen und nicht ganz gleichmässigen Zahlenmaterial und bei dem Mangel einer genauen Stickstoffbilanz, nicht absolut zuverlässige Resultate ergiebt, aber doch zusammenfassungshalber nothwendig ist und einen gewissen Vergleichswerth besitzt. Aus der obigen Tabelle Nr. 29 II. S. 73 lassen sich durch Rechnung, die hier nicht im Détail wiedergegeben werden kann, etwa folgende Zahlen gewinnen: Gegenüber dem „Nüchternwerthe" beträgt die Zunahme des Sauerstoffverbrauchs in % für den Durchschnitt der ersten 12, der zweiten 12, sowie von 24 Stunden:

%-Zunahme des Sauerstoffverbrauchs.

Nach Aufnahme von	Im Durchschnitt der 1.-12ten St.	Im Durchschnitt der 13.-24ten St.	Im Durchschnitt von 24 St.
13,2 gr N	ca. 19 %	? (0?)	ca. 10 %
36,8 „	ca. 37½ „	ca. 5 %	ca. 21 „
59,3 „	ca. 47 „	ca. 18 „	ca. 32½ „

Umgekehrt wie bei der Ernährung mit Reis ist hier die Steigerung der Wärmeproduktion geringer als die des Verbrauchs an Sauerstoff. Das calorische Aequivalent des letzteren beträgt für die Verbrennung von Leibessubstanz im nüchternen Zustand nach den Auseinandersetzungen auf S. 9 etwa 3,27, für das Eiweiss des Fleisches um 3,0 d. h. ist etwa 8 % kleiner. In dem Fall der „überschüssigen" Eiweisszufuhr wird sicher der ganze Ruheumsatz vom Eiweiss gedeckt, zum grössten Theil auch bei der „zureichenden". Der Wärmeüberschuss würde sich somit auf etwa 23 % für die grosse resp. 12 % für die mittlere Eiweisszufuhr berechnen, während auf die kleine noch eine Wärmesteigerung von etwa 5—6 % entfallen würde. Diese Zahlen sind zum Theil, aber nur wenig grösser als die Rubners. Rubner[1]) fand eine Wärmesteigerung von 19,7 %, als die Eiweisszufuhr (1549 Calorien zu vermindern um den Verlust durch den Koth) den

1) Sitzber. d. Münch. Akad. 1885. S. 452 ff.

Bedarf (944 Calorien) um 55% überstieg, eine Steigerung von 44% in 2 Fällen, als er 230 resp. 257% des Bedarfs in Form von Eiweiss reichte. Bei meinem Hund standen einem Bedarf von ca. 1050[1]) Calorien (siehe oben) eine Zufuhr von 1542 Calorien im Eiweiss, d. h. ein Plus von etwa 40—45% (nach Abzug von Abfall im Koth) gegenüber. Die neben Eiweiss in jenem Futter enthaltenen 66 gr Fett (= ca. 600 Cal.) bedingen nur eine sehr geringe Wärmesteigerung von höchstens wenigen Prozenten, so dass die Differenz zwischen meinen rechnerisch gewonnenen Zahlen und der direct beobachteten Rubner's fast verschwindet, wenigstens für die abundante Kost. — Für nicht zureichende und gerade zureichende Eiweisszufuhr (Syntonin) fand Rubner[2]) (bei einer mittleren Temperatur von ca. 15° C.) eine Steigerung von nur 3%; Bedeutend höhere Zahlen lassen sich jedoch aus einem späteren Versuch desselben Autors[3]) berechnen. Ein Hund producirte im Hunger bei 19° C. 243,5 gr CO^2 pro Tag, die zu etwa 15% vom Eiweiss und zu 85% vom Fett herstammen mochten[4]) und somit ca. 800 Calorien lieferten. Dem entsprechend betrug somit das nicht angegebene Gewicht wohl gegen 20 kg. Das Thier erhielt nach 2 tägigem Hunger 3 Tage lang je 460 gr „völlig ausgelaugtes Fleisch"; (zu wieviel % N? Das Thier schied am 1. und 3. Tag 18,6 resp. 22,5 gr N. im Harn aus, die wohl kaum allein (?) aus der Nahrung stammten, und auch den Wärmeumsatz dieser Tage nur zum Theil [zu 46 resp. 55%] deckten). Das Futter war sicher nicht „zureichend" in Rubner's Sinn. Das Thier producirte, wie sich aus Rubners Zahlen berechnen lässt[5]), in den vier je sechsstündigen Perioden des ersten resp. dritten Tages folgende Wärmemengen:

---

1) Das Mittel des Nüchternwerthes in jenen 4 Versuchen, die zur Berechnung herangezogen wurden, liegt mit 154 ccm O_2 jenem von 157,5 ccm O_2 sehr nahe, aus dem oben der Tagesbedarf des ruhenden nüchternen Thieres hergeleitet wurde.

2) Ztschr. f. Biol. Bd. 22. S. 40 ff.

3) Ludwigs's Festschrift. 1887. S. 267.

4) Nach Rubner, Ztschr. f. Biol. Bd. 19 S. 551.

5) Diese Rechnung ist streng nach Rubner's Verfahren mit Rubner's Zahlen folgendermassen durchgeführt: Es erscheinen (Z. f. Biol. 21. S. 364) von 50,5 gr Kohlenstoff aus Eiweiss 39,2 gr in der Kohlensäure der Exspirationsluft, von 16,0 gr N 15,4 gr N im Harn; also auf jedes gr N, das

	1ter Fütterungstag.			3ter Fütterungstag.		
Periode	Calorien aus Eiweiss	Calorien aus Fett	In Summa	Calorien aus Eiweiss	Calorien aus Fett	In Summa
I.	131,6	151,0	282,6	144,8	141,5	286,3
II.	158,9	94,8	253,3	232,4	41,2	273,6
III.	120,6	114,8	235,4	138,3	92,5	230,8
IV.	71,8	175,2	247,0	69,2	168,0	237,2
Summa	482,9	535,4	**1018,3**	584,7	443,2	**1027,9**
Hungerbedarf nach Rubner . .			ca. 800	—	—	ca. 800
Mittlerer Umsatz in Periode III u. IV			241,2	—	—	234,0
Daraus berechneter Umsatz für einen ganzen Tag			964,8	—	—	936,0
Der wirkliche Umsatz übertrifft diesen von mir berechneten Normalumsatz um			6 %	—	—	10 %
Dagegen den nach Rubner berechneten um			27 %	—	—	28 %

Aus der Tabelle geht mit grösster Sicherheit hervor, dass selbst eine nicht „zureichende“ Menge Eiweiss die Wärmeproduction in diesem Versuch gesteigert hat, so beträchtlich, dass mir der von Rubner angegebene Hungerumsatz kaum zum Vergleich geeignet erscheint; unter der, Rubner's Anschauungen günstigeren, der meinen aber ungünstigen Annahme, die aber nach meinen Erfahrungen ziemlich gerechtfertigt ist, dass in der 3ten und 4ten Tagesperiode bei diesem Futter kaum noch eine erhebliche Wirkung der Nahrungsaufnahme vorhanden ist, will ich den Tagesruhebedarf aus dem mittleren Umsatz in diesen beiden Perioden durch Multiplication mit 4 herleiten. Verglichen mit diesem Werth zeigt der Umsatz des ganzen Tages noch immer eine deutliche Steigerung, um 6 resp. 10 %, und das bei sicher nicht zureichender Nahrung. Somit dürfte die von

im Harn erscheint, kommen $\frac{39,2}{15,4} = 2,59$ gr C = 9,50 gr CO_2 in der Respiration; daraus ist der Eiweiss- und Fettumsatz berechnet; für 1 gr N wurden gesetzt 26 Calorien (Biol. 19. S. 333), für 1 gr Kohlenstoff aus Fett = 12,37 Calorien (Biol. 19. S. 361).

mir gefundene Steigerung der Wärmeproduction um etwa 12 % bei „zureichender Nahrung“ nicht ohne Analogie dastehen und eine solche Steigerung als wirklich bestehend anerkannt werden müssen. — Unter der gleichen Annahme würde das Wärmeplus der ersten 12 Tagesstunden über die als Norm zu Grunde gelegten zweiten 12 Stunden in Rubner's Versuch 11 resp. 19 $^1/_2$ % betragen. Hier sei noch gleich erwähnt, da ich weiter unten darauf zurückkommen muss, dass eine in den Reihen mit 59,3 gr N in einzelnen Stunden gefundene Steigerung der Sauerstoffaufnahme von 60—80 % einer Erhöhung der Wärmeproduction von ca. 48—70 % entspricht.

Es muss auffallen, dass die von mir berechnete Steigerung des Umsatzes bei Zufuhr von 1540 Eiweisscalorien mit 23 % kaum grösser ist, als die für 1600 Stärkecalorien gefundene von 22 %; die Differenz aber wird jedenfalls grösser, da in jener Stärkenahrung ja noch ca. 12 gr N vorhanden waren, die zur Steigerung sicher ca. 5—6 % beitrugen. Während zudem jene Reisfütterung den Körper dauernd mit Kohlehydraten überschwemmte, sind die Zahlen für die Wirkung des Eiweisses aus ersten Fütterungstagen gewonnen; in den weiteren Tagen einer abundanten Eiweisskost aber werden, wie stets von Rubner betont ist, und wie das auch aus meiner Tabelle hervorgeht, die Steigerungen des Umsatzes erheblicher.

Versuche mit Knochenfütterung beim Hund.

In 2 Reihen wurden grössere Mengen von Knochen verfüttert, um zu entscheiden, ob mechanische Reizung des Darmes, die von Knochen am ehesten zu erwarten war, eine Steigerung des Umsatzes bewirke. Rubner konnte in seinen Tagesversuchen von sehr kleinen Knochenmengen eine erhebliche Wirkung nicht sehen; ich habe zu sehr grossen Mengen — die über das zulässige Maass wohl herausgehen — gegriffen, 900 und 1000 gr fleischfreier Knochen gegeben, die der Hund übrigens gierig aufnahm. In einem Versuch trat nach einer Reihe von Stunden Diarrhoe ein, im andern erfolgten am nächsten Tag schmerzlose, etwas blutige Entleerungen von reichlichem Knochenkoth (übrigens kommt mit Blutstreifen besetzter Koth auch beim fleischgefütterten Hund öfters vor). Es handelt sich bei Knochenfütterung nicht ausschliesslich um mechanische Darmreizung: es werden die organischen Bestandtheile des Knochens zum Theil resorbirt; nach Etzinger's[1]), freilich nicht

1) Etzinger, Ztschr. f. Biol. Bd. 10. S. 84 ff.

ganz einwandfreier, Berechnung ca. 50 % der organischen Substanz aus geraspelter Substanz; aus den compacten, von mir gegebenen Knochen jedenfalls eher weniger wie mehr (wenigstens in kurzer Zeit): somit kamen aus 100 gr Knochen mit einem Osseingehalt von ca. 12,5 %, einem N-Gehalt von ca. 2,0—2,3 %, wohl nicht mehr wie etwa 60 gr Ossein und ca. 10 gr N zur Resorption, und diese wohl jedenfalls langsamer, als eine gleiche Menge Stickstoff aus frischem Fleisch; so dass, wenn bei der Aufnahme von Knochen das Ossein nur durch seine Circulation im Säftestrom die Verbrennung anregen würde, die Steigerung wohl kaum erheblicher sein dürfte, als wenn statt dessen ebensoviel Eiweiss aufgenommen würde. Die nachfolgende Tabelle 36 (S. 84; s. auch Tabelle 37 S. 86) vergleicht die nach Knochenfütterung eintretende Steigerung, mit der auf Fütterung von 400 gr Fleisch (ca. 13,2 gr N) erfolgenden. Bei der Knochenfütterung, bei der weniger N (ca. 10 gr) verarbeitet wurde, und dieser auch nicht, wie derjenige aus 400 gr Fleisch in 12 Stunden in den Kreislauf übertrat, ist die Steigerung der Sauerstoffaufnahme und der Wärmeproduktion erheblicher, als in den 2 Fleischreihen; somit scheint mechanische Darmreizung in der That einen vermehrten Umsatz zu bedingen; den gegen diese Versuche möglichen Einwand, dass die gesteigerte Oxydation nicht in den gereizten Organen ihren Sitz habe, sondern durch Schmerz-Reflection in andern Organen (reflectorisch erhöhter Tonus der Muskulatur) zu Stande käme, hat Loewy[1]) in seinen Versuchen über Darmreizung dadurch zu entkräften versucht, dass er Mediciner zu seinen Experimenten heranzog; diese konnten — wenigstens nach ihrem subjectiven Ermessen, — eine derartige Wirkung ausschliessen[2]). — —

Die öfters beobachtete eigenthümliche Form der Athmung, das „Hacheln" — gesteigerte Frequenz der Athemzüge, vermehrte Lungenventilation mit Herabgehen des procentischen Kohlesäuregehalts der Exspirationsluft und des Sauerstoffdeficits — konnte möglicherweise bezogen werden auf den Gehalt des Fleisches an

1) Loewy, Pflüger's Archiv. Bd. 43. S. 515 ff.

2) Vgl. übrigens die im Anhang S. 123 mitgetheilten Daten über Ausnützung der Knochen, durch die die obigen Zahlenangaben zwar etwas modificirt werden, aber der Antheil der mechanischen Reizung des Darmes an der Steigerung der Oxydation nach Knochenfutter noch klarer erwiesen wird.

stickstoffhaltigen Extractivstoffen und als toxische Wirkung dieser Substanzen auf das Nervencentrum gedeutet werden. Diese Auffassung wurde schon dadurch unwahrscheinlich, dass jene Erscheinungen ungleich intensiver auftraten, wenn der Hund neben 700 gr Fleisch noch 300 gr Fleischmehl erhielt, als in jenen Versuchen, in denen er 1050 gr Fleisch allein frass. Die Auffassung, dass somit jene Wirkung vom Eiweiss herrühren müsse, wurde bestätigt durch einen Versuch (109, s. Tabelle 35), in dem der Hund eine mässig grosse Menge pflanzlichen Eiweisses erhielt. (270 gr Aleuronat von Hundhausen mit 13,56 % N = 84,75 % „Eiweiss", 7,4 % Wasser, mit ca. 15—20 gr Fett zu Kuchen gebacken; die ganze verzehrte Menge enthielt 36,6 gr N, annähernd ebensoviel wie in 1050 Fleisch enthalten waren.) Die vor und während eines Versuches etwa auf der Höhe der Verdauung beobachteten Aenderungen des Athemtypus waren ganz ähnlich denen, die bei Fütterung mit 1,05 kg Fleisch aufgetreten waren. Der Verlauf und die Höhe der in dieser Reihe erhaltenen Curve des Sauerstoffverbrauchs entspricht in Art und Höhe des Anstieges während 6 Stunden vollkommen dem bei Zuführung gleicher in thierischer Kost enthaltenen Stickstoffmengen, dann aber klingt die Wirkung erheblich schneller ab (cf. die Reihen 102, 106, 109 Tab. 29 I u. II S. 27 und Anhang).

Die „aufregende Wirkung" der Fleischnahrung, die die Vegetarianer[1]) so sehr betonen (wobei sie sich u. a. auf Pavy und Liebig berufen), welche sich in meinen Versuchen in der eigenthümlichen Aenderung des Athemtypus zeigte, scheint sonach auf Rechnung des Eiweisses überhaupt, nicht speciell des animalischen zu setzen zu sein. Es wäre recht wünschenswerth zu wissen, ob bei Menschen, bei denen grössere Fleischmengen jene „berauschende" Wirkung hervorbringen, das gleiche bei Genuss grösserer Aleuronatmengen auch eintritt. — Jedenfalls aber geht diese Wirkung vom Nervensystem aus; fraglich ist, ob etwa eine „Wärmepolypnoe" vorliegt, oder ob es sich vielleicht um toxische Wirkung von vermehrt auftretenden Zersetzungsprodukten des Eiweisses handelt. Die Temperatur des Hundes wurde nüchtern in der Frühe zumeist zu 37,8—38,3° im Anus gefunden; sie stieg auf der Höhe der Fleischverdauung um einige $^1/_{10}$ Grade, wurde aber auch zu den Zeiten

1) Kingsdorf, Die Pflanzennahrung beim Menschen. Uebersetzt von Aderholdt. Leipzig 1891. S. 52.

General-Ta

Der Gaswechsel des Hund

I. Die absolute Grösse d

Nr. d. Serie	Datum	Gewicht des Hundes	Verzehr	gr N	Nüchtern werth
72	12. III. 92	?	1000 gr möglichst fleischfreier Knochen	ca.23[1])	158,7
90	22. IV. 92	27,4	900 gr fleischfreier Knochen	ca.20[1])	151,2

I. Die prozentuale Zunah

Nr. d. Serie	Datum	Gewicht des Hundes	Verzehr	gr N	Nüchtern werth
72					
90					
72+90			Mittel	—	—
83+89 [2])			Mittel aus 2 Versuchen m. 400 gr Fleisch	13,4	—

1) Davon im ganzen höchstens die Hälfte resorbirt. 2) s. Tab. 29 II S. 7

General-Ta

Der Gaswechsel beim Mensch

I. Die absolute Grösse d

Nr. d. Versuchs	Datum	Verzehr	Nüchtern werth
22	4. V. 91	310 gr gebratenes Rindfleisch	230,8
35	13. VII. 91	300 " " "	226,4
40	13. XI. 91	250 " " "	204,1
43	24.	300 " " "	226,0
58	26. I. 92	120 " " "	207,4

II. Die prozentuale Zunah

Nr. d. Versuchs	Datum	Verzehr	Nüchtern werth
22			
35			
40			
43			
58			

III. Verhalten des resp

Nr. d. Versuchs	Datum	Verzehr	Nüchtern werth
22			0,77
35			0,74
40			0,76
43			0,78
58			0,80

…lle XXXVI (S. 82).

…i Fütterung mit Knochen.

…erstoffverbrauchs (in ccm).

Stunden nach Nahrungsaufnahme: 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
…8,1	219,1	207,6	200,6	202,5	—	—	181,3	—	—
…8,6	184,3	184,5	198,7	210,2	189,5	—	209,5	—	195,7

…Sauerstoffverbrauchs.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
+37	+38	+31	+26½	+27½	—	—	+14	—	—
+11½	+22	+22	+31½	+39	+25½	—	+39	—	+29½
24	30	27	29	33	25	—	26	—	30
14	25	24	21	25	21	—	22	—	15

…lle XXXVIII (S. 87).

…h Aufnahme von Eiweiss (Fleisch).

…erstoffverbrauchs (in ccm).

Stunden nach Nahrungsaufnahme: 1	2	3	4	5	6	7	8	9
…9,0	260,7	265,6	277,9	278,4	262,3		278,1	—
…4,0	239,9	241,6	—	237,5	—	241,7		233,2
…9,3	216,1	249,2	269,1	253,5	273,8	257,9	—	—
…9,6	229,4	278,5	279,4	275,0	283,5	281,4	—	—
…1,0	251,9	237,5	243,0	252,2	—	—	—	—

…Sauerstoffverbrauchs.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
…2	13	15	20½	20½	14		20½	3
…3	6	7	—	5	—	7		—
…8	6	22½	32	24½	34	26	—	—
…1½	1½	23	23	22	25½	24½	—	—
…6½	22½	14	17	21½	—	—	—	—

…rischen Quotienten.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
…,78	0,67(?)	0,73	0,72	0,70	0,71	0,72	—	—
…,75	0,77	0,76	—	0,76	—	0,73		0,75
…,76	0,77	0,79	0,78	0,73	0,77	0,74	—	—
…,82	0,82	0,77	0,77	0,76	0,76	0,77	—	—
…,77	0,77	0,81	0,79	0,77	—	—	—	—

Special-Tabelle XXXVII (S. 82).
Versuch mit Fütterung von Knochen beim Hund (Nr. 72). 12. III. 92.

Nr. d. Vers.	Zeit	Dauer i. Min.	Athemgrösse in ccm	O_2-Deficit %	CO_2-Plus %	O_2-Verbrauch ccm	CO_2-Production ccm	RQ.	Zunahme d. O_2-Verbrauchs %	Zunahme d. CO_2-Prod. %	Stund. nach Nahrungsaufnahme	Bemerkungen
1	9,46	11	2938	5,36	4,27	157,5	125,4	0,80	—	—	—	
2	10,06	18	2899	5,40	4,36	156,5	126,4	0,81	—	—	—	
3	12,26	18	2983	5,43	4,24	162,0	126,5	0,78	—	—	—	
			Nüchternwerth			**158,7**	**126,1**	**0,80**	—	—	—	11^{30}–12^{0} 1000 gr fast fleischfreie Knochen
4	12,23	22	3675	5,97	4,51	219,4	165,7	0,76	—	—	—	
5	12,48	25	3496	6,20	4,69	216,8	164,0	0,76	—	—	—	
						218,1	*164,8*	*0,76*	+37	+31	1	
6	1,20	25	3337	6,67	4,77	222,6	159,2	0,72	—	—	—	
7	1,45	26	3382	6,37	4,63	215,5	156,6	0,73	—	—	—	
						219,1	*157,9*	*0,72*	+38	+25	2	
8	2,10	26	3274	6,19	4,62	202,7	151,3	0,75	—	—	—	
9	2,36	25	3379	6,36	4,71	212,4	157,3	0,74	—	—	—	
						207,6	*154,3*	*0,74*	+31	+22	3	
10	4,08	27	3053	6,57	5,02	200,6	153,3	0,76	+26½	+21½	4	
11	4,35	29	3036	6,67	4,96	202,5	150,6	0,74	+27½	+19½	5	
12	7,21	15	2709	6,70	5,09	181,5	137,9	0,76	—	—	—	
13	7,36	13	2965	6,11	4,89	181,1	145,0	0,80	—	—	—	
						181,3	*141,5*	*0,78*	+14	+12	8	

wo intensivstes „Hacheln“ stattfand, nie höher als 38,7°, einmal zu 38,8° gefunden. Gab man dem Hunde, statt ihn, wie gewöhnlich, auch zwischen den Pausen auf dem Sopha zu behalten, Gelegenheit sich zu bewegen, wobei er sich lebhaft und energisch streckte und dehnte, so kehrte die Athmung bald zur Norm zurück und blieb auch häufig in den dann folgenden Versuchen normal. Das erweckt manchmal fast den Eindruck, als ob es sich um einen durch die Eiweissnahrung hervorgebrachten, auf die Centralorgane wirkenden Reiz zu stärkerer Bewegung handelte; das an unbedingtes Stillliegen gut gewöhnte Thier muss letzteren unterdrücken und setzt nun die gesammte der Athmung dienende Muskulatur in stärkere Bewegung; es wäre das nicht gleichwerthig mit der rein willkürlich forcirten Athmung des Menschen, die ja bekanntlich nur kurze Zeit hervorgebracht werden kann; es würde sich, wenn diese mit aller Reserve ausgesprochene Vermuthung richtig wäre, nicht um eine vom freien Willen abhängige „forcirte Athmung“, sondern um eine toxische Reizung der die Bewegung beherschenden Centralorgane handeln, welcher Reiz dann in stärkerer Bewegung einzelner Muskelgruppen zum Ausdruck kommt.

Versuche mit Fleischaufnahme beim Menschen.

Am Menschen habe ich einige Versuche angestellt mit gebratenem mageren Rindfleisch (viermal mit 250—310 gr entsprechend ca. 75—90 gr Eiweiss, einmal mit 120 gr gleich etwa 36 gr Eiweiss mit etwas Wasser und Salz). Sämmtliche Versuche sind in den Protocollen als tadellos verlaufen bezeichnet. (Tab. 38 S. 84 u. Tab. 39.)

Special-Tabelle XXXIX.

Versuch mit Fleisch beim Menschen (Nr. 40). 13. XI. 91.

Nr. d. Vers.	Zeit	Dauer i. Min.	Athemgrösse in ccm	O_2-Deficit %	CO_2-Plus %	O_2-Verbrauch ccm	CO_2-Production ccm	RQ.	Zunahme d. O_2-Verbrauchs %	Zunahme d. CO_2-Prod %	Stund. nach Nahrungsaufnahme	Bemerkungen
1	9,32	17	4962	4,22	3,14	209,4	155,8	0,74	—	—	—	
2	9,56	19	4168	4,77	3,74	198,8	155,9	0,78	—	—	—	
			Nüchternwerth			**204,1**	**155,9**	**0,76**	—	—	—	10^{30-45} 250 gr fettfreies gebrat. Rindfleisch (ca. 75 gr Eiweiss). 150 cm Wasser m. Appetit verzehrt.
3	11,04	16	5338	4,21	3,24	224,7	173,0	0,77	+8	—	—	
4	11,25	18	4640	4,61	3,44	213,9	159,6	0,75	—	—	—	
						219,3	*166,3*	*0,76*	+8	+7	1	
5	11,38	19	4504	4,80	3,63	216,2	163,5	0,76	—	—	—	
6	11,57	18	4662	4,63	3,59	215,9	167,4	0,78	—	—	—	
						216,1	*165,5*	*0,77*	+6	+6	2	
7	12,59	16	5227	4,75	3,77	248,3	197,1	0,79	—	—	—	Bleibt auch in d.Pausen ruhig auf dem Sopha liegen.
8	1,15	16	5221	4,79	3,76	250,2	196,3	0,79	—	—	—	
						249,2	*196,7*	*0,79*	+22½	+27	3	
9	2,11	13	6215	4,40	3,47	273,4	215,7	0,79	—	—	—	
10	2,24	14	6033	4,39	3,39	264,8	204,5	0,77	—	—	—	
						269,1	*210,1*	*0,78*	+32	+35	4	
11	3,17	17	4831	5,31	3,75	256,5	181,2	0,71	—	—	—	
12	3,31	18	4809	5,21	3,88	250,5	186,6	0,75	—	—	—	
						253,4	*183,9*	*0,73*	+24½	+18	5	
13	4,19	14	5758	4,76	3,68	274,1	211,9	0,77	—	—	—	
14	4,33	15	6037	4,53	3,48	273,5	210,1	0,77	—	—	—	
						274,8	*211,0*	*0,77*	+34	+36	6	
15	5,27	13	6530	3,95	2,92	257,9	190,7	0,74	+26	+22	7	Leichte Darmgeräusche, keine Beschwerden. Appetit jetzt deutl. vorhanden.

Die Reihe Nr. 35 zeigt eine Abweichung von dem Verhalten der übrigen, nämlich eine fast nicht in Betracht kommende Steigerung des Sauerstoffverbrauchs; die übrigen zeigen dieselbe erheblicher und zwar ziemlich gleichmässig; der Versuch Nr. 58 merkwürdigerweise in fast eben so hohem Maass als die 3 anderen

Reihen, in denen viel mehr Eiweiss gegeben war. Eine deutliche, beträchtliche Zunahme des Sauerstoffconsums findet sich meist erst in der 2ten oder 3ten Stunde, in der das Plus etwa 20% beträgt; auf dieser Höhe (von +20—25%) hält sich der Verbrauch denn auch durch eine Reihe von Stunden; in der 7ten Stunde nach der Aufnahme sind die Ausgangswerthe noch nicht wieder erreicht. — Ueber das Verhalten der gleichzeitig ausgeschiedenen Kohlensäure resp. der respiratorischen Quotienten seien einige Worte erlaubt. Derselbe betrug in der Ruhe am Morgen bei W. (s. Tab. 38) zwischen 7,4 u. 0,80; der Werth für die Verbrennung von reinem Eiweiss beträgt 0,78: Zufuhr dieses Nährmaterials wird somit den respiratorischen Quotienten, der bei „nüchternem Zustand" etwa die gleiche Höhe hat, ziemlich unbeeinflusst lassen; in der That zeigt, mit Ausnahme der Reihe Nr. 22, der RQ. überall Werthe zwischen 0,76 u. 0,82.

Ein Vergleich mit den Reihen, in denen W. und andere Brod erhielten, zeigt gewisse deutliche Unterschiede. Dort war die Steigerung am ausgesprochensten in den ersten 3 Stunden, hier ist hauptsächlich nach dieser Zeit der Consum gesteigert: es scheint, als ob eine Eiweissmenge von kleinerem Energiegehalt in toto (90 gr E. = ca. 360 Cal.) ebenso grosse Effecte bewirkt, wie Kohlehydrate von erheblich grösserem (150—160 gr Stärke = 600—640 Cal.) (natürlich unter Berücksichtigung der verschiedenen calorischen Aequivalente des Sauerstoffs bei Aufnahme von Eiweiss und Stärke). Die Sauerstoffaufnahme ist in den ganzen 8—9 Stunden nach Fleischnahrung mehr gesteigert wie bei Brodverzehr.

Hanriot und Richet[1]), deren Zahlenmaterial mangels genauerer Angaben und wegen verschiedener berechtigter Einwände nur zum Theil verwerthbar ist, fanden, wie aus ihren Ziffern zu berechnen ist, eine halbe Stunde nach Aufnahme von 300 gr Fleisch (die Ration, ist da es sich wohl um frisches handelte, kleiner als die von mir gegebene) keine Steigerung des Gaswechsels, für den Durchschnitt der 4ten—6ten Stunde ein Sauerstoffplus von ca. 10%. — Sie verneinen im allgemeinen eine Steigerung des Gaswechels nach Genuss von Fleisch resp. Eiweiss. Bei Smith[2]) wurde die Kohlensäureproduction durch verschiedenes N-haltiges Material immer etwas gesteigert, aber nur sehr gering, da er kleine Mengen

1) Comptes rendus. Bd. 106. S. 496.

2) loc. cit.

verzehrte und die Untersuchung kurz dauerte. — Auch Speck[1]) fand die Grösse der verschiedenen Factoren der Respiration nach Aufnahme mehrerer Eier gesteigert (O_2 um 14% in der 1ten Stunde) doch setzt er auch hier das Maximum in die 1ten Stunde und hält die Wirkung mit der 4ten Stunde für abgeklungen.

Der Gaswechsel des Menschen bei frei-gewählter Kost.

Die Tagesschwankungen des Gaswechsels unter dem Einfluss frei gewählter, dem subjectiven Bedürfniss genügender Kost, das heisst unter den physiologischen Bedingungen des täglichen Lebens zu studiren, sind die Reihen 93, 108, 116 bestimmt. Sie erstrecken sich über je 24 Stunden. Um 9—10 Uhr nahm W. ein starkes Frühstück auf, bestehend aus Milchkaffee mit Zucker und einer grossen Ration Butterbrod. Die Mittagsmahlzeit um 2 Uhr bestand aus Suppe, 1—2 Fleischspeisen mit Gemüse, Brod, 1/2 Liter Münchener Bier; Abends erhielt W. mit Wurst belegtes Butterbrod und 3—500 ccm Bier. Die Zufuhr betrug in den 3 Reihen ca.:

Nr. des Versuchs	Kohle-hydrate gr	Fett gr	Eiweiss gr	Alkohol gr	Calorien ca	Calorien nach Abzug von Verlust im Koth ca[2])
93	359	115	84,5	25	3000	2800
108	256	81	82,0	20	2200	2000
116	254	68	81,0	20	2100	1900

Es sind bei einem Gewicht von 56 kg und einem „Normalumsatz“ (bei Verdauung und mittlerer Thätigkeit) von ca. 34 Calorien pro kg ca. 1900 Calorien erforderlich gewesen, welche Ration auch in 108 und 116 ungefähr getroffen war, während der Verzehr in 93 den Bedarf erheblich überschreitet. Die Tab. 40 (S. 90) giebt die absoluten und relativen Beträge des Sauerstoffverbrauchs und der Kohlensäureabgabe, sowie die Zahlen für die respiratori-

1) loc. cit.

2) Abzug von ca. 8% des Wärmewerthes der Zufuhr für Verlust durch den Koth (nach Rubner).

General-Tabelle XL (S. 89).

Der Gaswechsel des Menschen bei freigewählter Kost.

Der Sauerstoffverbrauch in ccm.

Nr.	Datum	Zufuhr in Calorien	Nüchternwerth	Stunden nach der Nahrungsaufnahme: nach dem Frühstück				nach der Mittagmahlzeit						nach der Abendmahlzeit								
				1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	8	9	11	12
93	28. IV. 92	3060	207,6	272,1	257,9	240,4	222,4	309,8	300,8	301,7	257,5	239,8	220,8	265,8	244,4	218,0	—	205,7	194,6	—	204,3	—
108	18. III. 93	2280	207,5	250,3	283,5	252,7	227,0	283,3	269,3	249,0	244,5	245,0	—	275,9	271,7	244,9	—	203,2	—	199,2	—	205,1
116	5. IV. 93	2150	237,1	306,4	287,9	260,5	240,0	318,5	306,4	278,2	275,1	279,9	264,3	326,2	283,8	—	250,2	—	224,5	—	222,5	—
			Die %ische Steigerung des Sauerstoffverbrauchs beträgt:																			
93				31	24	16	7	49	45	45	24	15½	6	28	17½	+5	—	−1	−6½	—	−1½	—
108				21	37	22	10	36½	30	20	18	18	—	33	31	18	—	−2	—	−4	—	−1
116				20	21	10	1	34	30	17	26	18	12	38	20	—	+6	—	−5	—	−6	—
			Mittel	27	27	16	6	40	35	27	19	17	9	33	23	+12	+6	−1	−5	−4	−3	−1
				Mittel der 14 Stunden = 21 %.																		
			Die Kohlensäureproduction in ccm.																			
93			154,2	222,7	206,9	197,4	178,6	250,4	230,3	245,5	207,8	211,9	191,8	199,0	178,0	167,8	—	163,4	165,5	—	165,8	—
108			166,5	211,7	240,1	210,6	194,3	234,6	224,7	208,6	195,3	190,1	—	203,8	217,4	192,4	—	153,7	—	163,2	—	182,2
116			174,7	250,8	229,0	220,6	192,1	237,7	236,8	219,3	227,2	213,6	195,8	242,2	222,1	—	200,8	—	181,3	—	187,8	—
			Die %ische Steigerung der Kohlensäureproduction beträgt:																			
93				44½	34	28	16	62½	49½	59	35	37½	24½	29	15½	9	—	+6	+7	—	+7	—
108				27	44	26½	17	41	35	25	17	14	—	22	30½	15	—	−7½	—	−2	—	+9
116				44	31	26	10	36	35	26	30	22	12	38	27	—	15	—	+4	—	+7	—
			Mittel	38½	36½	27	14	46½	40	37	27	24½	18	30	24½	+12	15	−1	+6	−2	+7	+9
				Mittel der 14 Stunden = 28 %.																		
			Verhalten des respiratorischen Quotienten.																			
93			0,74	0,82	0,80	0,82	0,80	0,81	0,77	0,81	0,81	0,88	0,87	0,75	0,73	0,77	—	0,79	0,85	—	0,81	—
108			0,80	0,85	0,85	0,83	0,85	0,83	0,83	0,84	0,80	0,78	—	0,74	0,80	0,79	—	0,76	—	0,82	—	0,89
116			0,737	0,82	0,80	0,85	0,80	0,75	0,77	0,79	0,83	0,76	0,74	0,74	0,78	—	0,80	—	0,81	—	0,84	—

Tabelle XLa.
Der Verzehr des Menschen in den Reihen mit freigewählter Kost.

Nr. 93.	Kohle-hydrate gr	Fett gr	Eiweiss gr	Alkohol ccm	Calorien
1 Frühstück: 210 gr Schwarzbrod, 44 gr Butter, 15 gr Zucker, 500 gr Infus. (aus 3 gr Kaffee)	120	37	13	—	—
Mittagbrod: 176,5 gr frisches Hackfleisch, 140,0 gr (!) Reis, 42,5 gr Butter (zum Fleisch u. Reis), 49 gr Brod, 0,400 l Bier	157	38	50,4	14	—
Abendbrod: 110 gr Schwarzbrod, 26 gr Butter, 55 gr Wurst, 0,5 l Bier	82	40	21,0	17	—
Summa.......	359	115	84,5	31 = 25 gr	3060
Betheiligung der Nahrungsstoffe an der Zufuhr)	48 %	35 %	11½ %	5½ %	—
Nr. 108.					
1 Frühstück: 400 ccm Kaffee, 20 ccm Milch, 20 gr Zucker, 140 gr Weissbrod, 38 gr Butter	93	32,7	9,8	—	—
Mittagbrod: 1 Teller Bouillon, ca. 120 gr Rind- u. Kalbfleisch, ca. 80 gr Bouillon-Kartoffeln, ca. 50 gr Preisselbeeren, 40 gr Schwarzbrod, 0,4 l Bier.......	62,5	13,0	45,4	14,0	—
Abendbrod: 170 gr Schwarzbrod, 20 gr Butter, 60 gr Wurst, 0,3 l Bier	101,0	35,0	27,0	11	—
Summma.......	256,5	81,0	82,2	25 = 20 gr	2280
Betheiligung der Nahrungsstoffe an der Zufuhr	46 %	33 %	15 %	6 %	—
Nr. 116					
Frühstück: 160 gr Schwarzbrod, 25 gr Butter, 20 gr Zucker, 400 ccm Kaffee, 25 gr Milch......................	101,0	22,0	10,4	—	—
Mittagbrod: 1 Teller Linsensuppe, ca. 120 gr Hammel- und Rindfleisch, ca. 50 gr Kartoffeln, Spinat, 50 gr Brod, 0,4 l Bier......................	67,0	14,0	50,4	14	—
Abendbrod: 140 gr Schwarzbrod, 20 gr Butter, 40 gr Schlackwurst, 0,3 l Bier	86,0	32	20,2	11	—
Summa.......	254,0	68,0	81,0	25 = 20 gr	2150
Betheiligung der Nahrungsstoffe an der Zufuhr	49 %	30 %	15½ %	6 %	—

Special-Tabelle XLI (S. 89).

Versuch beim Menschen mit freigewählter Kost (Nr. 108).

18. III. 92.

Nr. d. Vers.	Zeit	Dauer i. Min.	Athemgrösse ccm	O_2-Deficit %	CO_2-Plus %	O_2-Verbrauch ccm	CO_2-Production ccm	RQ.	Zunahme d. O_2-Verbrauchs %	Zunahme d. CO_2 Prod. %	Stund. nach dem Essen	Bemerkungen
1	8,47	19	5994	3,46	2,85	207,4	170,8	0,82	—	—	—	
2	9,07	20	5748	3,61	2,83	207,5	162,1	0,78	—	—	—	
			Nüchternwerth			**207,5**	**166,5**	**0,80**	—	—	—	$10^{0}-{}^{20}$ Frühstück s. Tab. 40 a
3	10,32	25	7010	3,57	3,02	250,3	211,7	0,85	+21	+27	1	
4	11,38	26	7344	3,86	3,27	283,5	240,1	0,85	+37	+44	2	
5	12,37	27	7138	3,52	2,95	251,3	210,6	0,84	+22	+26½	3	
6	1,35	28	6655	3,42	2,92	227,6	194,3	0,85	+10	+17	4	$1^{55}-2^{35}$ Mittagbrod s. Tab. 40 a
7	3,07	24	7871	3,60	2,98	283,3	234,6	0,83	+36½	+41	1	
8	4,03	25	7439	3,62	3,02	269,3	224,7	0,83	+30	+35	2	
9	5,03	27	6728	3,71	3,10	249,6	208,6	0,84	+20	+25	3	
10	6,03	30	6220	3,93	3,14	244,5	195,3	0,80	+18	+17	4	
11	7,08	26	7424	3,30	2,56	245,0	190,1	0,78	+18	+14	5	$8^{0}\,{}^{30}$ Abendbrod s. Tab. 40 a
12	8,53	27	7278	3,77	2.80	275,9	203,8	0,74	+33	+22	1	
13	9,53	24	7654	3,55	2,84	271,7	217,4	0,80	+31	+30½	2	
14	10,54	26	7098	3,45	2,71	244,9	192,4	0,79	+18	+15	3	
	nachts											
15	1,10	33	5629	3,61	2,73	203,2	153,7	0,76	−2	−7½	5½	
16	4,32	33	5474	3,64	2,98	199,2	163,1	0,82	−4	−2	9	
	früh											
17	7,45	16	6928	2,96	2,63	205,1	182,2	0,89	−1	+9	12	

schen Quotienten. In den zwei ersten Reihen sind die Nüchternwerthe ziemlich niedrig, in der dritten hoch, aber in allen 3 Versuchen liegen sie innerhalb der physiologischen Breite und sind genügend sicher gestellt; in allen 3 Reihen sind trotz der verschiedenen Ausgangswerthe die Curven für den Gaswechsel einander überaus ähnlich. Dem ersten Frühstück, das wesentlich aus Butterbrod bestand (dazu 400 ccm eines sehr dünnen Kaffeeaufgusses mit wenig Milch und Zucker) folgt eine durchschnittlich 27 %ige Steigerung des Sauerstoffverbrauchs während zweier Stunden, die Curve sinkt dann ab, das Plus des Verbrauchs beträgt nach 4 Stunden nur noch 6 %. Aehnlich verhält sich die Kohlensäureproduction, nur ist hier der Zuwachs bei Ansteigen des respiratorischen Quotienten etwas erheblicher; der Umsatz verhält sich, der Erwartung gemäss, sehr ähnlich dem in den Reihen mit

Brodverzehr (S. 57 ff.). Die Mittagsmahlzeit enthielt neben ca. 50 gr Eiweiss wechselnde Mengen von Fett (18—38 gr) und Kohlehydraten (157, 63 und 67 gr). Der Umsatz ist darnach erheblicher gesteigert als nach dem Frühstück. Es beträgt in den 6 Stunden nach dem Essen der Zuwachs für den Sauerstoff im Durchschnitt der 3 Reihen 40, 35, 27, 19, 17, 9 %, für die Kohlensäure 46$^1/_2$, 40, 37, 27, 24$^1/_2$ 18 %. Die Steigerung ist am grössten im Versuch 93 mit seiner beträchtlich höheren Zufuhr. Das Maximum des Umsatzes liegt jedesmal in der ersten Stunde, der Abfall ist ein ganz regelmässiger; die Werthe vor dem Abendbrod nähern sich den Nüchternwerthen, ohne sie ganz zu erreichen. Das Maximum der Steigerung des Gaswechsels sahen wir in den Fleischreihen (bei stärkerer N-Zufuhr s. S. 86) in der 3ten und 4ten Stunde erreicht; da aber hier neben kleineren Mengen Fleisch als dort nicht unerhebliche Mengen Stärke eingeführt wurden, so kann die Verlegung des Maximums in die 1te und 2te Stunde nicht so sehr überraschen, um so mehr, als die Wirkung der Zufuhr hier sich auf die ja nicht ganz abgeklungene der 1ten Mahlzeit aufsetzte; das sehr viel längere Anhalten der Umsatzsteigerung ist dann wohl auf Rechnung des Eiweisses zu setzen. Die Abendmahlzeit enthielt wiederum vorwiegend Brod, daneben in Wurst und Butter etwas Eiweiss und Fett. Die Curven sind denen nach dem 1ten Frühstück wiederum sehr ähnlich. Die %ischen Zuwachse des Sauerstoffverbrauchs betragen in den 5 folgenden Stunden 33, 23, 12, 6, —1 %. Der Kohlensäurezuwachs ist hier nicht wesentlich grösser, wohl um deswillen, weil aus den zwei vorausgegangenen Mahlzeiten nicht unerhebliche Mengen von Fett und vom Mittag her auch wohl noch Eiweiss im Körper circulirte und an der Oxydation theilnahm. Das Maximum des Umsatzes fällt auch hier wiederum in die 1te Stunde, der Nüchternwerth ist nach 5 Stunden erreicht. Die einzelnen Versuche, die in der Nacht, um 12, 4, 6 und 7 Uhr angestellt sind (während einzelner derselben schlief der Mann) ergeben einen kleinen Abfall für den Sauerstoff, ein geringes Plus für die Kohlensäure gegenüber den Nüchternwerthen. Der respiratorische Quotient steht in der Mitte der Nacht und am nächsten Morgen etwas höher, als zu Beginn der Versuche; vielleicht um deswillen, weil der Mann bei fast vollkommener Ruhe die resorbirten Stoffe nicht ganz umgesetzt und sich so an Glykogen angereichert hatte. — Ich habe mit diesen Versuchen einige ältere zu vergleichen: Vierordt,

Speck, Frédéricq combinirten die in einzelnen Stunden verschiedener Tage erhaltenen Werthe, nur Smith, dessen Versuche in Deutschland wenig Beachtung gefunden zu haben scheinen, bestimmte den Gaswechsel der verschiedenen Zeiten stets am gleichen Tag und zwar in nicht weniger als acht vollständigen Tagesreihen; leider jedoch, wie auch Vierordt, nur die Kohlensäure; Frédéricq macht nur Angaben über den Sauerstoffverbrauch; und nur Speck zog sämmtliche Factoren des Gaswechsels in Untersuchung, ohne freilich, da er andere Ziele im Auge hatte, die verschiedenen Zeiten gleichmässig zu berücksichtigen. Trotz dieser Einschränkungen sind die genannten Autoren vielfach zu richtigen Resultaten und Deutungen derselben gekommen, die ich bestätigen kann, vor allem Speck und Smith, die sich auch über die Gründe der Aenderungen des Gaswechsels mit grosser Klarheit aussprechen. So findet Speck die Wirkung eines mässigen Frühstücks stets nach 4—5 Stunden abgeklungen; das Maximum nach einer Mittagsmahlzeit (+ 24 % O_2 + 26 % CO_2) findet er in der 1ten Stunde. Frédéricq, dessen Zahlen den meinen sehr ähnlich sind, findet den Sauerstoffverbrauch 1½ Stunden nach dem Frühstück (+33 %) und 1½ Stunden nach Tisch (+43 %) am stärksten gesteigert, seine Curve auf S. 731 seiner Arbeit zeigt den Sauerstoffverzehr von jenem Maximum continuirlich herabsinken und speciell vor Tisch fast den Nüchternwerth wiederum erreichen (ein Plus von 5—12 %). Für die Kohlensäure fand Smith ein stärkeres Ansteigen 1—2 Stunden nach jeder Mahlzeit, am stärksten nach dem (englischen, sehr reichlichen) Breakfast und Tea-meals {+33, 40, 50, 80 (!?), 66, 40, 50, 60 %}, was sich wohl bei der ausschliesslichen Bestimmung der Kohlensäure aus dem reichen Gehalt dieser Mahlzeiten an Kohlehydraten, und für den Nachmittagskaffee, der dem Mittag bald folgte, aus Superposition erklärt; auch er betont das successive Abfallen seiner Curven von jenem Gipfel und das Vorhandensein eines Minimums vor jedem meal. Am kleinsten fallen die in ähnlicher Curve verlaufenden Steigerungen bei Vierordt aus, der als erster jener Autoren noch mit recht einfachen Apparaten arbeitete; wenn er freilich zwischen dem Maximum und Minimum der Kohlensäure in den Tagesstunden von 9 Uhr früh bis 7 Uhr Abends eine Differenz von nur 23 % fand, so liegt der Grund wohl darin, dass er, soviel ich sehe, fast nie die Production in nüchternem Zustand bestimmte.

Hanriot und Richet[1]) sahen in einer über nur 2 Stunden sich erstreckenden Reihe nach einer reichlichen gemischten Mahlzeit den Gaswechsel continuirlich, aber nicht sehr stark steigen. (+22 % O_2; +31 % CO_2 in der 4ten halben Stunde nach dem Essen.) Zuntz und Lehmann[2]) fanden in ad hoc angestellten Versuchen den Sauerstoffverbrauch nach einem reichlichen Frühstück um 25 und 34 %, um 28 % in der 1. Stunde nach einem reichlichen Mittag gesteigert; bei Breithaupt betrug die Zunahme $^3/_4$ resp. $^1/_2$ Stunde nach einem Frühstück 13 resp. 21 %, 1 Stunde nach einer von den Autoren (S. 194) als „fast überreichlich" bezeichneten Mittagsmahlzeit 62 % (!).

Aus meinen 3 Reihen lässt sich der Zuwachs der Verbrennungen unter dem Einfluss freigewählter Kost annähernd berechnen; für 14 Tagesstunden ist er direkt beobachtet: für diese Zeit ($^1/_2$9—$^1/_2$1) beträgt er für den Sauerstoff $\frac{297}{14}$ = ca. 21% im Durchschnitt für jede Stunde, für die Kohlensäure ebenso $\frac{390,5}{14} = 28\%$; für 8 Nachtstunden setzte ich aus meinen Zahlen ein Minus von 3% O_2 und ein Plus von 4% CO_2 an; der Abzug für den Sauerstoff ist allerdings wohl kaum nothwendig, da er bei Hunger zum mindesten in gleich hohem Maasse stattfindet und das Absinken des Verbrauchs ja nicht durch die Nahrungsaufnahme, sondern nur durch die grössere Ruhe bedingt ist; die zwei in der Rechnung noch fehlenden Stunden sind durch die Nahrungsaufnahme ausgefüllt; ich glaube nicht sehr fehlzugehen, wenn ich für diese Zeit das Mittel aus dem Umsatz der der Mahlzeit vorausgehenden und ihr folgenden Stunden einsetze, und somit ein Plus von 20% O_2 und 25% CO_2 berechne; der wahre Umsatz ist ja hier noch grösser, da die mechanische Arbeit des Kauens und Schlingens, die ja doch nach gewisser Richtung hin zu der „Arbeit" der Nahrungsaufnahme zuzurechnen ist, und, wenigstens für das pflanzenfressende Pferd, nach Zuntz gar nicht unerheblich ist, um diese Zeit stattfindet; doch soll diese hier ausser Betracht gelassen werden. Die Rechnung gestaltet sich demnach folgendermassen:

---

1) Hanriot-Richet, Comptes rendus. Bd. 106. S. 419.

2) Zuntz u. Lehmann, Virchow's Archiv. Bd. 131. Suppl. S. 50 f. u. 90 ff.

	O_2	CO_2
14 Tagesstunden mit einem Zuwachs von durchschnittlich 21,2 % O_2	+297	—
„ ca. 28 % CO_2	—	+390,5
8 Nacht- und Frühstunden mit einem Zuwachs von durchschnittlich —3 % O_2	—24	—
„ +4 % CO_2	—	+32
2 Stunden für Nahrungsaufnahme mit einem Zuwachs von durchschnittlich +20 % O_2	+40	—
„ +25 % CO_2	—	+50
Summa......	+313	472,5
Durchschnittlicher Stundenzuwachs für den ganzen Tag	+13 %	$+19^3/_4$ %

Etwas erheblicher, als der Zuwachs an Sauerstoff, ist, bei der stärkeren Betheiligung der Kohlehydrate an den Oxydationsprocessen, dem Anwachsen des RQ, die Zunahme der Wärmeproduction, die demnach für meinen Fall auf etwa 15 % geschätzt werden könnte. — Der Einwand, dass die Steigerung des Gaswechsels wie der Wärmeproduction in meinem Fall etwas gross ausgefallen sei, weil, wenigstens in einem Versuch, die Zufuhr den Bedarf auch des mässig arbeitenden Menschen erheblich überschritt, wird dadurch ausgeglichen, dass in allen 3 Reihen ein recht grosser Theil der Zufuhr (35, 33, 30 % der Calorien, s. S. 91) in Form von Fett enthalten war, das ja bekanntlich eine erheblich geringere Steigerung des Umsatzes bewirkt als Eiweiss und Kohlehydrate, welche letztere bei mir nur 48, 46, 55 % der Zufuhr ausmachten, bei der grossen Mehrzahl der arbeitenden Menschen sich jedoch stärker, bis zu 70 % an der Gesammtnahrung betheiligen.

Smith findet das Verhältniss zwischen der Kohlensäureausscheidung bei Hunger und bei gewöhnlicher Nahrung $= \frac{75}{100}$ d. h. bei letzterer findet er einen Zuwachs von 33 % der Hungerwerthe; allerdings steht seinen 8 Reihen mit Mahlzeiten an 4 Individuen nur eine einzige Hungerreihe gegenüber, und war auch wohl die Nahrung der Engländer eine recht reiche. — Hösslin[1]) berechnet, freilich mit den älteren nicht ganz richtigen Danilew-

1) Hösslin, Virchow's Archiv. Bd. 89. S. 333 ff.

sky'schen Zahlen (dieselben sind sämmtlich um etwas grösser als die von Rubner und Stohmann), aus den Pettenkofer-Voit'schen Versuchen eine Erhöhung des „Kraftwechsels" von + 9 bis + 17%. (Das Resultat ist freilich nicht ganz rein, da eine Gleichmässigkeit der willkürlichen Bewegungen in den zu vergleichenden Reihen nicht garantirt ist.) — In Scharlings [1]) Versuchen tritt eine Steigerung der CO_2-Ausscheidung nach den Mahlzeiten jederzeit deutlich hervor.

Zwei Reihen sind noch zu erwähnen, in denen meinem zweiten Versuchsindividuum O., der bis 12 Uhr Mittags nüchtern geblieben, eine freigewählte Mittagsmahlzeit gegeben wurde. Die Steigerung des Gaswechsels war erheblich geringer als bei W. und über die einzelnen Stunden gleichmässiger vertheilt. Es betrug nämlich in 7 der übrigens mässigen Nahrungsaufnahme folgenden Stunden der Zuwachs des Sauerstoffverbrauchs:

+18	25	12	18	26	25	— %
+12	21	10	10	12½	11	6 %
im Mittel 15	23	11	14	19	18	6 %

Der gegen die obigen Versuche geringere Ausschlag kann zwei Gründe haben: zunächst reagiren verschiedene Personen verschieden. O. bot in den wenigen Versuchen, die von ihm vorliegen, geringere Werthe als W. Auch von Smith's 4 Männern waren die Steigerungen der Kohlensäureproduction bei dem einen sehr viel kleiner als bei den drei andern. Weiterhin kommt in Betracht, dass bei W. Superposition stattfand; er hatte ein reichliches Frühstück genossen, dessen Wirkung noch nicht abgeklungen war; ist die Rubner'sche, allerdings blos vom Hund hergeleitete Anschauung richtig, derzufolge (bei gewöhnlicher Temperatur) ein Theil der Verdauungsarbeit dadurch latent wird, dass der Muskelumsatz beschränkt wird, so kann eine Mittagsmahlzeit, die dem nüchternen Mann gegeben wird, eine kleinere sichtbare Wirkung hervorbringen, als eine, die einem reichlichen Frühstück folgt; bei ersterer könnten die „Muskeln noch ausgeschaltet" werden, bei letzterer wären sie es bereits, da ja der Kraftwechsel 4 Stunden nach dem ersten Essen noch grösser ist als im nüchternen Zustand.

1) Scharling, Liebig's Annalen. Bd. 45. S. 214.

Von der Mittheilung verschiedener anderer Versuche (Bier, Alkohol, Milch, Kaffee etc.) will ich vorläufig Abstand nehmen, da das Material nicht reich genug ist. Bei Genuss grösserer Mengen Milch, $^3/_4$ L. und mehr, traten, wie das mit Sicherheit zu erwarten war, stets erhebliche Steigerungen des Umsatzes auf.

Kritische Besprechung der Ergebnisse.

In der Besprechung der Versuchsresultate und in den aus denselben gezogenen Schlüssen wurde von der Ansicht ausgegangen, dass der respiratorische Gaswechsel auch in kürzeren Zeiträumen ein wenigstens annähernd genaues Bild von den zur gleichen Zeit stattfindenden Oxydationsprocessen und der im Körper gebildeten Wärme gäbe. Die Zulässigkeit dieser Annahme ist in den letzten Jahren von neuem, und zwar auf Grund experimentellen Materials von Rosenthal[1]) lebhaft bekämpft worden. Bestreitet auch Rosenthal zunächst nur die Möglichkeit, aus der Kohlensäureausfuhr die Wärmeproduction zu berechnen (innerhalb der Genauigkeitsgrenzen, die in dieser Arbeit deutlich angegeben sind), so würden doch, die Richtigkeit seiner Anschauungen und Zahlen vorausgesetzt, seine Einwendungen zum grossen Theil auch gegen die hier geübte Berechnung des Kraftumsatzes aus Sauerstoff- und Kohlensäurebilanz am Platze sein (wenn auch in geringerem Grade). Es ist daher nöthig, an dieser Stelle die Zulässigkeit jener Berechnungsweise des Genaueren zu erörtern.

Dass innerhalb eines grösseren Zeitraumes die gesammte Wärme, welche dem im thierischen Körper verbrannten organischen Material entspricht, in Form von nach aussen abgegebener Wärme (durch Leitung und Strahlung, Verdunstung, Erwärmung der Inspirationsluft, der aufgenommenen Speise und Getränke) und in Form von mechanischer äusserer Arbeitsleistung wieder zum Vorschein kommen müsse, gilt allgemein als der Grundpfeiler der modernen Lehre vom thierischen Haushalt; der Satz bedeutet ja nur die Uebertragung des Gesetzes von der Erhaltung der Energie auf die belebte Welt. So-

1) Rosenthal, Calorimetr. Untersuchungen. du Bois' Archiv. 1889. S. 1 ff. Sitzber. der Berl. Akad. 1888. S. 1309. 1889. S. 245. 1892. S. 263. Cf. auch Hermann's Handb. d. Physiol. Bd. 4^2. S. 365.

mit kann und muss, sofern entweder die mechanische Arbeitsleistung ausgeschlossen wird, oder sie in einem annähernd gleichbleibenden Verhältniss zur Gesammtenergieproduction steht, von den Oxydationsprozessen auf die Wärmeproduction geschlossen werden. Das zahlenmässige Verhältniss beider Grössen muss bei einem wirklich im Ernährungsgleichgewicht befindlichen Thier (das die resorbirte 24stündige Nahrungsmenge auch wirklich in 24 Stunden umsetzt), im Zeitraum eines Tages bei gleicher Nahrung stets das gleiche sein, bei verschiedener Nahrung, wie das im Anfang dieser Arbeit auseinandergesetzt wurde, innerhalb enger Grenzen schwanken. Welches Nahrungsgemisch, welche Körperbestandtheile zur Verbrennung gelangen und in welcher Menge sie das thun, darüber giebt die Bestimmung des ausgeschiedenen Stickstoffs und der Kohlensäure, sowie die des verbrauchten Sauerstoffs Aufklärung. Diese Proportionalität der im Körper umgesetzten chemischen Spannkraft und der Energieabgabe nach aussen innerhalb 24 Stunden wird allseitig angenommen; sie wird von manchen Seiten bestritten für kurzdauernde Versuche, wie sie auch in vorliegender Arbeit, dem Zweck derselben entsprechend, zur Anwendung kommen mussten. Die Zersetzungen sollen eben nicht zu allen Zeiten innerhalb kürzerer Fristen gleichmässig statthaben, sondern einmal sollen mehr — so ungefähr glaube ich diese Anschauung verstehen zu sollen — die im Anfang der Oxydation eines oder mehrerer Stoffe statthabenden Zersetzungsprozesse vorwiegen, dann im Ausgleich zu einer anderen Zeit die bereits der Kohlensäure, dem Harnstoff nahestehenden Producte zerfallen; somit könnte und sollte entweder bei gleichbleibendem Energieumsatz die Menge der der Bestimmung unterliegenden Ausscheidungsproducte (des N, der CO_2, wie ferner des Sauerstoffs) grösseren Schwankungen unterliegen, oder aber andererseits das Gleichbleiben der betreffenden Grössen durchaus kein Gleichbleiben des wirklichen Energieumsatzes anzeigen.

Nach den oben S. 9 gegebenen Berechnungen und Annahmen würde 1 gr Kohlensäure der Exspirationsluft je nach dem Nährstoff, welchem sie entstammt, folgende Wärmemengen repräsentiren:

Aus „Muskelfleisch“[1]) . 2,78 Cal.
„ Fett[1]) . . . . . 3,35 „
„ Rohrzucker. . . . 2,59 „

Diese „calorischen Aequivalente“ sind nichts anders als der Quotient $\frac{\text{Calorien}}{\text{Kohlensäuremenge}}$ die von einer verbrennenden Substanz geliefert werden, d. h. dasselbe, was Rosenthal als „Kohlensäurefactor“ bezeichnet, den er und früher schon Senator in directen Versuchen bestimmt hat; die beiden Grössen sind direct miteinander vergleichbar; und das um so mehr, als in den calorimetrischen Versuchen dieser Autoren der Energieumsatz ausschliesslich in Form von Wärme nach aussen abgegeben wird, da die geleistete mechanische Arbeit im Apparat selbst gänzlich in Wärme umgewandelt wird.

Rosenthal findet nun in seinen eigenen Versuchen diesen Kohlensäurefactor $\frac{n}{c}$ innerhalb sehr weiter Grenzen schwanken, und zwar in 3stündigen Versuchen beim fleisch- und fettgefütterten Hund (Berl. Akad. Ber. 1892. 356) innerhalb der Grenzen 2,3—6,4; in der durch Mittelung aus nicht weniger als 142 Bestimmungen entstandenen, daher „von Zufälligkeiten gereinigten“ die „Idealwerthe“ darstellenden Curve S. 368 liegt $\frac{n}{c}$ noch zwischen 2,5—5,3!

Bei dem von Rosenthal in einem früheren Falle (1888 S. 316) gegebenen Erhaltungsfutter würde sich, wenn das Futter wirklich Erhaltungsfutter gewesen und es der Hund normal umgesetzt hätte, bei einem Gehalt von 28 gr Fett und 40 gr Eiweiss (mit Zugrundelegung der von Rosenthal selbst benutzten Verbrennungswärmen) ein calorisches Aequivalent von 3,11 berechnen, während Rosenthal seinen Kohlensäurefactor im Durchschnitt von 24 Stunden — innerhalb welchen Zeitraums ja auch nach seiner Annahme die gesammte aus der Verbrennung hervorgehende Wärme- und Kohlensäuremenge nach aussen abgegeben sein muss, also ein Ausgleich der in kleineren Zeitabschnitten stattgehabten Schwankungen stattfinden muss — zu 4,01 findet; dieser Wärmewerth wird bei

1) Rosenthal, Ber. d. Berl. Akad. 1889. S. 249 bedient sich [speciell für das Eiweiss (2,496)] abweichender Zahlen; indess scheint Rubner's Bestimmung einwandfrei zu sein.

Verbrennung keines Nahrungsbestandtheils erreicht[1]). — Würde diese Differenz etwa durch eine andere Bestimmung der Constanten des Calorimeters verschwinden, so blieben noch immer die auffallend grossen Schwankungen des Kohlensäurefactors in den verschiedenen Zeiten dieser Versuche. — Diese Schwankungen sind bei Senator's Versuchen, auf die sich Rosenthal früher berufen[2]) hat, entschieden geringer, trotzdem er verschiedene Hunde, in verschiedenen Zuständen, in Versuchen von nur einer Stunde Dauer untersuchte; $\frac{n}{c}$ betrug im Minimum bei Senator 3,24 und im Maximum bei einem andern Hund 5,90, in Rosenthal's Einzelversuchen finden sich, soviel ich sehe, bei demselben Hund zu verschiedenen Zeiten Werthe von 2,3—6,4; die Schwankungen

---

1) Rosenthal führt einen seiner calorimetrischen Tagesversuche (Sitzber. d. Berl. Akad. 1888. S. 1316) bei Erhaltungsfutter als Beweis für die Zuverlässigkeit der Methodik an; R. findet calorimetrisch 431,3 Calorien am Tag von einem Hund abgegeben, dessen „Erhaltungsfutter" fast genau so viel, nämlich 433,6 Cal. bot, und zwar in 205 gr Fleisch und 20 gr Fett nach R.'s eigenen Angaben (Berl. Akad. Sitzber. 1888. S. 1316 ff.) 40 gr Eiweiss à 4,26 = 170,4 Cal. und 28 gr Fett à 9,4 = 263,2 Cal.; in Summa 433,6 Cal. Es lässt sich leicht zeigen, dass das „Erhaltungsfutter" kein Erhaltungsfutter in diesem Fall war, oder jedenfalls nicht normal verwerthet wurde. In der Nahrung befanden sich nach R. selbst:

im Fleisch ....24 gr Kohlenstoff
im Fett............17,6 gr „
41,6 gr Kohlenstoff.

Es finden sich davon wieder in der Exspirationsluft 28,42 gr C
im Harn und Koth 12,50 „ „ !!
40,92 gr C,

d. h. ziemlich aller Kohlenstoff. Nun würden sich von etwa 6,4 gr N, die in 200 gr Fleisch enthalten sind, wenn das Futter Erhaltungsfutter war, 6,2 gr N im Harn wiederfinden, verbunden mit $6{,}2 \times 0{,}67$ = ca. 4,2 gr Kohlenstoff (nach Rubner); mithin wären im Koth 8,3 gr Kohlenstoff enthalten, d. h. $^1/_3$—$^1/_2$ des Fettes wäre unresorbirt geblieben, dessen Wärmewerth doch in der Zufuhr resp. im wirklichen Umsatz nicht gerechnet werden dürfte. — Aus der C-Ausscheidung in der Exspirationsluft von 28,42 gr = 104 gr CO_2 und der gefundenen Wärmeproduction von 431,2 Cal. würde sich ein (24 stündiger) Kohlensäurefactor von 4,13 berechnen, der um 33 % höher ist als der auf Grund der, doch auch von R. anerkannten, Verbrennungswärmen aus der Nahrung zu berechnende.

2) Hermann's Handb. d. Physiol. Bd. IV². S 365.

betrugen bei den einzelnen Thieren Senator's nur 3,24—4,35, resp. 3,63—4,00 und 4,76—5,9, gleich 34, 10 und 24% bei Berücksichtigung aller Einzelversuche; R.'s Zahlen 2,3—6,4 bedeuten eine Schwankung um 180% des Minimumwerthes. Auch die aus Senator's Zahlen gewonnenen Werthe für den Kohlensäurefactor sind ja durchweg, und speciell für seinen dritten Hund (mit 4,76 —5,90) bedeutend höher als die theoretisch hergeleiteten calorischen Aequivalente der Kohlensäure (Minimum 2,78, Max. 3,35 für Eiweiss und Fett = 100 : 120; Kohlehydrate kamen bei R. und meines Wissens auch bei S. nicht zur Verwendung); immerhin sind die relativen Schwankungen bei seinen einzelnen Thieren so sehr viel kleiner als bei R., dass des letzteren Zahlen jedenfalls Allgemeingültigkeit nicht zugesprochen werden kann. — Wären R.'s Anschauungen und Zahlen richtig, so würden sie zu Folgerungen und Schlüssen nöthigen, denen die Erfahrung und rechnerische Ueberlegung widerspricht. Das enorme Schwanken des „Kohlensäurefactors" wäre auf zweierlei Weise zu erklären: Entweder werden zu den verschiedenen Zeiten bei gleicher Wärmeproduction des Thieres wesentlich verschiedene Kohlensäuremengen ausgeathmet, bald mehr, bald weniger als im Durchschnitt, oder das Thier athmet gleiche Kohlensäurequantitäten aus und producirt wesentlich ungleiche Mengen von Wärme. (In Wirklichkeit würden beide Vorgänge, die hier einzeln analysirt werden, durcheinander greifen.) Diese Eventualitäten würden fordern, dass entweder die Verbrennung der Nährstoffe bis zu den physiologischen Endprodukten stattfinde, dass die gebildete Kohlensäure aber nicht zur Ausscheidung gelange, sondern im Körper irgendwie aufgestapelt und später in grosser Menge ausgeschieden werde; das ist aber in nur irgendwie längeren Versuchen, solchen von $1/2$—1 Stunde nie in erheblichem Maasse der Fall, geschweige denn in 3stündigen; — wer Technik und Theorie der Respiration kennt, kann jene etwa durch forcirte resp. sparsame Athmung entstehenden Fehler auch in noch kürzeren Versuchen vermeiden; — oder aber die Verbrennung schreitet nicht bis zu den Endprodukten fort, bleibt bei intermediären Produkten stehen, die im Körper sich anhäufen. So wären sauerstoffreichere Körper gebildet, deren Verbrennungswärme geringer wäre als die der Nahrungsstoffe, die bei ihrer partiellen Oxydation zwar Wärme, aber entweder keine oder nur geringe Mengen Kohlensäure geliefert hätten und später weiter zerlegt

würden. So könnte z. B. bei der Zersetzung des Eiweiss ein Theil des Kohlenstoffs als Glykogen festgehalten werden[1]), der stickstoffhaltige Theil seine Abfallsprodukte als kohlenstoffhaltigen Harnstoff etc. in den Harn liefern, Wärme erzeugen und dabei relativ wenig Kohlensäure in der Exspirationsluft erscheinen, der dann natürlich ein grosser „Kohlensäurefactor" zukäme. Ebenso ist das Umgekehrte möglich, dass viel CO_2 in der Athmungsluft zum Vorschein kommt, ohne dass viel Wärme producirt wäre. Das ist zum Beispiel der Fall, wenn bei der Bildung von Fetten aus Kohlehydraten ohne Zutritt von Sauerstoff von aussen das Molecül des Kohlehydrates sich in einen sauerstoffärmeren Körper (Fett) von höherem und einen daran reicheren Körper von geringerem resp. keinem Energiegehalt mehr spaltet (CO_2). Nach Hanriot's obiger (S. 64) Formel könnte Traubenzucker intramolecular so zerfallen:

100 gr Tr.-Z. = 36,75 gr Fett + 20 gr Wasser + 43,25 gr Kohlensäure.

100 gr Tr.-Z. liefern nach Stohmann 100×3,672 = 367,2 Cal.
36,75 gr Fett liefern nach Rubner
und Stohmann 36,75×9,42 = 346,2 Cal.

Differenz = 21 Calorien.

Bei jener Spaltung (und ganz ähnliche Ziffern würden sich ergeben, wenn man Stärke in Fett sich umwandeln liesse) würde demnach Wärme frei, nämlich 21 Calorien, aber gleichzeitig

---

1) Die Wahrscheinlichkeit und Möglichkeit dieses Vorgangs haben Zuntz und Lehmann (Virch. Arch. Bd. 131. Suppl. S. 182 ff.) erörtert; sie hatten bei langdauerndem Hunger den respiratorischen Quotienten öfters unter 0,71 (Werth für Verbrennung von Fett) gefunden, und zur Erklärung dieses Factums eine mögliche Abspaltung von Glykogen aus Eiweiss mit herangezogen (nicht als einzige Ursache dieses Verhaltens betrachtet). Auch ich habe bei längerem Hunger und bei Verzehr von sehr viel Fett einigemal RQ. = 0,68—0,71 beobachtet und dies in Versuchen, die länger dauerten, als jene von Z. und L. — Diese wenigen Versuche sind vielleicht die einzigen, in denen die von mir geübte Art der Berechnung des Wärmeumsatzes aus dem Gaswechsel nicht mehr ganz zutreffend ist, da hier nach Quantität und Qualität nicht genau bekannte Zersetzungsvorgänge verlaufen. Aber auch hier würde man keinesfalls zu Zahlen kommen, wie die Rosenthal's es sind. — Abgesehen von diesen wenigen Versuchen finden sich in meiner Arbeit m. E. keine, die zur Annahme irgendwie unbekannter Zersetzungsprocesse zwingen würden.

auch 43 gr CO_2; dieser so entstandenen Kohlensäure würde nur ein sehr kleiner „Kohlensäurefactor" zukommen, nämlich ca. 0,5 Cal. pro gr CO_2, das ja sonst ein calorisches Aequivalent von 2,5 —3,35 besitzt. Etwas Aehnliches würde eintreffen, wenn aus Eiweiss Fett sich abspaltete. — Diese 3 Möglichkeiten sind[1]) die einzigen bisher bekannten Processe, bei denen die Zersetzung von Brennstoffen bei intermediären Produkten stehn bleibt. Können diese Rosenthal's Zahlen erklären? Können sie seine Ansicht stützen, dass der Gaswechsel, speciell die Kohlensäureausfuhr, nicht, auch nicht innerhalb gewisser Grenzen, wie sie vor allem Zuntz und seine Mitarbeiter vertreten, ein annähernder Maassstab für den Energieumsatz darstelle? — Fütterung mit Kohlehydraten hat bei Rosenthal's Hund nicht stattgefunden; eine Abspaltung von Fetten aus Kohlehydraten kommt nach meinen Versuchen überhaupt erst bei sehr grossen Stärkegaben zur Erscheinung; auch nach Hanriot's Versuchen jedenfalls erst unter ganz besonderen Bedingungen, die für gewöhnlich nicht statthaben. — Eine Fettbildung aus Eiweiss, die ja Pflüger kürzlich für die dafür gewöhnlich citirten Pettenkofer-Voit'schen Versuche unwahrscheinlich gemacht hat, findet, wenn überhaupt, dann doch nur bei ganz enormer ausschliesslicher Eiweisszufuhr, und selbst dann nur in beschränktem Maasse statt, sofern man das Facit des ganzen Tages zieht; ob etwa eine temporäre Ablagerung stattfindet, in dem Sinne, dass in den ersten 6 oder 12 Stunden nach der Fütterung mehr vom N als vom C des Eiweisses ausgeschieden wird, ist zwar aus bisher angestellten Versuchen nicht sicher zu entscheiden; die Möglichkeit, aber auch wohl erst bei ausschliesslicher Eiweisszufuhr in hohen Gaben, wird durch die von Feder[2]) ermittelte Curve der täglichen Stickstoffausscheidung nahe gelegt; eine derartige Eiweisszufuhr hatte bei R. nicht statt. — Eine wenigstens temporäre Abspaltung eines kohlehydratähnlichen Körpers aus Eiweiss haben Zuntz und Lehmann jüngst im Hunger als wahrscheinlich vorhanden hingestellt; dieses Factum könnte aber immer die Kohlensäureexhalation (bei gleichbleibender Sauerstoffaufnahme und

---

1) Neben der Gährung von Kohlehydraten, die beim Fleischfresser keine grosse Rolle spielt.

2) Feder, Zeitl. Ablauf d. Zersetzungen im Thierkörper. Z. f. Biol. Bd. 12. S. 402.

Wärmeproduktion) nur um wenige Prozente herabdrücken[1]); zudem tritt dieses Moment nur im Hunger sichtbar in Erscheinung, in welchem nach R. selbst der Kohlensäurefactor eine gewisse Constanz zeigt. — Kommen nun neben diesen Prozessen noch andere, bisher unbekannte vor, die entgegen den Vorstellungen der meisten Forscher Kohlensäureausfuhr und Wärmeproduction in so weiten Grenzen von einander unabhängig erscheinen lassen[2])? Beim Pflanzenfresser, speciell beim Wiederkäuer spielen ja gewisse mit Kohlensäureabspaltung verlaufende Gährungen eine beachtenswerthe Rolle. Beim Omni- und Carnivoren sind — abgesehen von der oben erwähnten Bildung von Fett aus Kohlehydraten — keine Processe bekannt, bei denen erhebliche Mengen von Kohlensäure aus einer Spaltung unvollständiger Verbrennung von Nährstoffen frei werden, ebenso wenig, wie man bisher in irgend grösserem Maassstab eine Aufspeicherung von sauerstoffreicherem Material, überhaupt von inter-

---

1) Cf. die Versuche von Lehmann u. Zuntz loc. cit.

2) Wenn Rosenthal (Sitzber. 1888. S. 1309) meint, die Oxydation der Nahrungsstoffe sei oft eine ungenügende; wie beim Ofen mit der Asche Kohlepartikelchen, ferner Russ und Kohlenoxyd unverbrannt verloren gehen, so fiele auch physiologischer Weise hier bei der Verbrennung „etwas unter den Rost“, und wenn er zum Theil daraus die Verschiedenheit des Kohlensäurefactors erklärt, so muss dem widersprochen werden. Auf etwaige anormale Resorption im Darm kann sich R.'s Gleichniss nicht beziehen, denn alle Forscher berücksichtigen in ihren Wärmebilanzen in der „Einnahme“ nur die Menge der resorbirten Stoffe, die Differenz der Zufuhr und des Kothes. Einzig die oben erwähnten, beim fleischfressenden Hunde aber verschwindend geringen Verluste durch die Gährungen im Darmcanale entgehen der Controlle beim Vergleich des Kothes mit den Einnahmen. Von dem wirklich resorbirten Material aber könnte, da die Lunge nur Kohlensäure, keine anderen Oxydationsproducte des Kohlenstoffs ausscheidet, nur im Harn etwas Kohlenstoff ungenützt „unter den Rost“ fallen. Da das Verhältniss $\frac{n}{c}$ im Harn in recht engen Grenzen schwankt (cf. Voit, Rubner, Pflüger, Munk, Zuntz u. Lehmann), so beweist das, dass Kohlehydrate und Fett überhaupt kaum Abfallsproducte in den Harn liefern; vom Eiweisskohlenstoff begiebt sich ein recht gleichbleibender %-Satz stets und gleichmässig in den Harn, und wenn dieser, wie z. B. in der Harnsäure, nicht vollständig oxydirt ist, so kann man, da dies Factum offenbar in der Organisation und Function des Körpers begründet, also physiologisch und constant ist, nicht von einem „unter den Rost fallen“ sprechen. In pathologischen Zuständen allerdings findet ein solches statt, so im Diabetes.

mediären Zersetzungsprodukten hat auffinden können. — Dass ein solcher Gang der Zersetzungen auch wirklich nicht stattfindet, dafür sprechen mit der grössten Wahrscheinlichkeit die Ergebnisse aller derjenigen Untersuchungen über den Gaswechsel, die gleichzeitig die CO_2- und die O_2-Bilanz ziehen. Schon Speck sprach auf Grund eines kleinen Materials die Vermuthung aus, dass die Oxydation im Körper meist von den gerade zugeführten Körpern bestritten werde; er fand den respiratorischen Quotienten in sehr kurzdauernden Versuchen meist so, als wenn in den untersuchten Zeiträumen die vorher genossenen Substanzen in normaler Weise zerfallen wären. Zuntz und seine Mitarbeiter fanden das gleiche bestätigt an einem ungleich grösseren Material. Den umfangreichsten Nachweis hat die vorliegende Arbeit erbracht. Der respiratorische Quotient verhält sich stets so, wie man es erwarten muss; im nüchternen Organismus, in dem ganz sicher noch Kohlehydrate aus den letzten Mahlzeiten neben Körperfett und Eiweiss zur Verfügung stehn, zeigt er sich zu 0,76—0,82; bleibt nahezu ungeändert bei reicher Eiweisszufuhr (theoret. Werth 0,78), bei längerem Hungern, bei reichlicher Fettzufuhr sinkt er auf 0,70, und nähert sich stets deutlich der Einheit bei Ernährung mit Kohlehydraten. Diese Grösse variirt natürlich mit der Grösse der Zufuhr, mit der seit dem Verzehr verflossenen Zeit, in aus der Arbeit klar ersichtlichen Weise. — Die Ablagerung von Fett aus Kohlehydraten unter Freiwerden von Kohlensäure ist aus dem Anwachsen des RQ. über die Einheit hinaus deutlich ersichtlich, und kann in ihrer Bedeutung für den Wärmehaushalt gut abgeschätzt werden. — In den sehr zahlreichen Versuchen, die alle Nahrungsstoffe, alle Tages-, Nachts- und Verdauungszeiten bei reichlichem, wie bei knappem Futter berücksichtigten, wurden nie[1]) Werthe beobachtet, die von den theoretisch zu erwartenden stärker abwichen. Ueber die Art und Weise der Zersetzung der Nährstoffe, über die einzelnen Stufen, die die Zersetzung durchläuft, über die Zeitdauer, die ein einmal angegriffenes Molecül bis zu seinem Zerfall in die Endprodukte braucht, giebt uns natürlich das Verhalten des respirator. Quotienten keine Auskunft. Wenn z. B. bei Reisfütterung der RQ. zu 0,98, bei Eiweissnahrung zu 0,78 in einem halbstündi-

1) Abgesehen von den in Anm. 1 auf S. 103 erwähnten RQ. von 0,68—0,71 bei Hunger und Fettfütterung.

gen Versuch oder in noch kürzeren Zeiten gefunden wurde, so braucht das keineswegs zu bedeuten, dass etwa in dieser Zeit, für die ich beispielsweise im ersten Fall einen Umsatz von 12—14 gr Stärke neben ca. 2 gr Eiweiss in der Stunde berechne, diese Mengen wirklich, wie im Calorimeter, von ihrer ursprünglichen Molecularstructur bis zu ihren Endprodukten oxydirt worden sind. Man kann sich sehr wohl auch den Verlauf so vorstellen, dass, wenn zwischen dem unversehrten Molecül der Stärke resp. des im Körper vorhandenen Traubenzuckers und dem Endstadium der Verbrennung, der Kohlensäure, 3, 6, x Zwischenstadien vorhanden wären, in gleicher Zeit stets annähernd ebensoviel Molecüle aus dem ersten ins zweite, aus diesem in das dritte, aus dem (x—1)ten ins xte, und aus diesem in das letzte Stadium übertreten; das würde für den Sauerstoffverbrauch, die Kohlensäureausfuhr, den RQ., für den Energieumsatz dann auf dasselbe hinauskommen, als wenn die gleiche Anzahl Molecüle eine totale Oxydation erlitten habe. — Wollte man sich diese Vorstellung unter einem Bilde vergegenwärtigen, ähnlich wie das Hösslin einmal für die Verhältnisse der Eiweisszersetzung gethan hat, so könnte man von einem Wassersturz sprechen, zu dem man oben Wasser von höherem Energiegehalt (infolge der grösseren Entfernung vom Erdboden) zufliessen sieht, während unten eine entsprechende Menge Wasser mit geringerem Energiegehalt fortgeht. Wie das Wasser bei seinem Fall Energie abgiebt, so die Brennstoffe bei ihrer Verbrennung. Die einzelnen Stufen der Cascade, in denen das Wasser mehr oder minder Energie bereits abgegeben hat, und weniger oder mehr noch abzugeben im Stande ist, wären zu vergleichen mit den verschiedenen Zwischenstadien, die bei der Oxydation die Nahrungsbestandtheile durchlaufen. Die Anzahl dieser Cascaden ist uns unbekannt, wir kennen auch nicht den Abstand resp. die Höhe derselben (d. h. die Energiedifferenz des in je zweien befindlichen Wassers, zweier verschiedener Oxydationsstufen), wir kennen auch nicht die Geräumigkeit der verschiedenen über einander gelegenen Wasserbecken, die eine ganz verschiedene Capacität haben können (d. h. es könnten möglicherweise von den verschiedenen Oxydationsprodukten zu gleicher Zeit verschieden grosse Quantitäten im Körper vorhanden sein); wir nehmen aber an, dass stets in der gleichen Zeit aus einem Wasserbecken ebensoviel Wasser nach unten abfliesse, wie von einem höher gelegenen zu-

strömt, wir nehmen an, dass ein dynamisches Gleichgewicht herrsche, oder doch in allerkürzester Frist sich einstelle. Dann können wir, wenn wir nur die Höhe des Falles und die Menge des unten abfliessenden Wassers kennen, aus diesen beiden Factoren die abgegebene Energie leichtlich berechnen.

Der ausserordentlichen Gleichmässigkeit des Gaswechsels des nüchternen oder hungernden Organismus im Ablauf der einzelnen Tagesstunden (Rubner: CO_2 beim Hund; Verf. O_2 und CO_2 beim Menschen und Hund), muss, und das giebt auch Rosenthal zu, da alle übrigen Bedingungen gleich bleiben, auch eine gleiche Wärmeproduktion entsprechen; das Verhältniss beider Grössen schwankt bei Nahrungsaufnahme je nach Art und Menge der genossenen Stoffe, und nach der Art, in der diese nach einander zur Resorption und zur Verbrennung kommen (welch letzterer Punkt Rosenthal [Sitz. Ber. 1889. S. 245 ff. u. 1888 S. 1309 ff.] hervorhebt)[1]), in verhältnissmässig engen, ziemlich genau zu übersehenden Grenzen.

Die genaue Darlegung dieses Verhaltens der qualitativ so gleichmässigen Zersetzung involvirt zugleich eine Rechtfertigung der von vielen, speciell auch im Zuntz'schen Laboratorium geübten Untersuchungen des Gaswechsels und des Energieumsatzes mittels kürzer dauernder Experimente. Diese werden von Autoren der Münchener Schule öfters, zuletzt von Fritz Voit, als zur Entscheidung vieler Fragen unbrauchbar ober doch nur bedingt zulässig gegenüber vollen Tagesversuchen hingestellt, so dass es gerechtfertigt erscheinen muss, auf diesen Gegensatz der Anschauungen und Untersuchungsmethoden mit ein paar Worten einzugehen. Der Gesammtumsatz eines Thieres, eines Menschen in grösseren Zeiträumen, seine Kohlensäureausscheidung (N-Bilanz), der Verbrauch an Fett, Kohlehydraten, Eiweiss, der Energieumsatz, und manche

1) Aus dem Nahrungsgemisch von Fleisch und Fett kommen Peptone früher zur Resorption und zur Verbrennung wie das Fett; würden selbst, was nach zahlreichen Erfahrungen nicht der Fall ist, in der ersten Hälfte des Tages ausschliesslich Eiweiss, späterhin ausschliesslich Fette zur Zersetzung gelangen, so würde doch die Verschiedenheit der calorischen Aequivalente in diesem Fall nicht ausreichen, um Rosenthal's Zahlen zu erklären; auch nicht die ja am wenigsten schwankenden, die er (Akad. Ber. 1889. S. 245 ff.) angiebt, da R. auch hier noch für den Kohlensäurefactor Werthe von 3,7, 4,0 und 4,18 findet.

andere Fragen können direct nur im Pettenkofer'schen, resp. im Regnault-Reiset'schen Apparat bestimmt werden. Für die quantitative Erforschung des thierischen Gesammthaushaltes ist die Einführung jener beiden Apparate der bedeutendste Fortschritt gewesen. Für die so überaus wichtige Aufstellung 24stündiger Bilanzen (Bestimmung der Isodynamie der Nährstoffe, Fettablagerung aus Eiweiss etc. etc.) ist die Pettenkofer-Voit'sche Methode, wenn auch auf anderem Wege controllirbar und einer Controlle nicht absolut überhoben, so doch unbestritten souverain. — Aber jener Gesammtumsatz setzt sich aus verschiedenen Einzelposten zusammen, und die Vertheilung desselben auf die einzelnen Ursachen ist nach der Münchener Methode nicht stets ersichtlich. Jene Hauptfactoren sind, sofern die übrigen Bedingungen (äussere Temperatur, Körpergewicht und Zustand) gleichgehalten sind: 1. derjenige Verbrauch, der bei vollkommener Ruhe im nüchternen Zustand stattfindet: der Minimalverbrauch, der zur Erhaltung der Eigenwärme, zur Erhaltung der Functionen des Körpers nothwendig ist: 2. der Umsatz, der durch die Zufuhr von Nahrung bedingt ist, und 3. derjenige der auf Rechnung von willkürlicher Muskelarbeit kommt. In welcher Weise jene 3 Factoren an der Summe theilnehmen, ist nicht a priori ersichtlich. Speciell für das Verhältniss zwischen der (in mechanischem Maass auszudrückenden) Muskelarbeit und dem durch diese bedingten Gaswechsel konnten aus naheliegenden Gründen jene Tagesversuche keinen Aufschluss bringen; sie hatten sogar zu durchaus irrigen Auffassungen geführt, während Speck auf Grund seiner zahlreichen, nur sehr kurze Zeiträume umfassenden Versuche mit verhältnissmässig einfachen Mitteln zu richtigeren Erfahrungen kam[1]); gerade die Feststellung der hierher gehörigen Verhältnisse kann fast nur oder doch am leichtesten und sichersten mittels kurzer Versuche entschieden werden, wie denn auch auf diesem Wege bereits ein reiches Material gewonnen ist. Aber auch abgesehen von diesem Umstand, dass die Feststellung eines mechanischen Gaswechsel-Aequivalents in Tagesversuchen unmöglich gewonnen werden könnte, sind es auch die Muskelbewegungen, die uncontrollirte Tagesarbeit, die in den Tagesverbrauch des Organismus eine Variable einführt, die nicht bekannt ist; die be-

---

1) Wie er auch sehr bald die Lehre von einer Sauerstoffaufspeicherung im Körper unter Nachts bestritt.

wirkt, dass die Bruttowerthe des Umsatzes der verschiedenen Versuche nicht ohne weiteres und unbedingt mit einander vergleichbar sind; wären wirklich — was für das Thier unter Innehaltung möglichst gleicher Bedingungen annähernd der Fall zu sein scheint — für das gleiche menschliche Individuum die Grösse der (nicht vorgeschriebenen, nicht gemessenen) Muskelarbeit an verschiedenen Tagen gleich, — was bei der grossen Bedeutung psychischer und anderer Einflüsse keineswegs sicher ist, — so ist eine derartige Annahme für verschiedene Menschen, deren Stoffwechsel verglichen werden soll, speciell dann, wenn es sich um Vergleich gesunder und kranker Individuen handelt, ganz unwahrscheinlich und unbewiesen[1]). — Das Unbekanntsein dieser Grösse, des durch Muskelarbeit bedingten Stoffumsatzes, erschwert denn auch häufig die Schlüsse, die aus dem Vergleich verschiedener Tagesuntersuchungen gezogen werden sollen; wird z. B. an einem Tage Nahrung gereicht, am nächsten nicht, so könnte die Differenz des Stoffumsatzes nicht ohne weiteres auf Rechnung der Nahrungszufuhr gesetzt werden; so lange nicht, bis nicht ausser der Gleichheit aller anderen Factoren auch die der Bewegung constatirt ist. — Eine solche zu erreichen, in einem wie es scheint recht hohen Grade, — das muss man aus der grossen, aber auch nicht stets erzielten Gleichmässigkeit seiner Resultate schliessen — ist offenbar Rubner gelungen, — dessen Hunde nach seinen Angaben wohl gleichmässig nur ein Minimum von Bewegungen leisteten.

Der grosse Vortheil dieser kurzdauernden Versuche, die sich ja im Wesentlichen durch die direkte Sauerstoffbestimmung von den Untersuchungen im Pettenkofer'schen Apparat unterscheiden, besteht darin, dass die Kenntniss des respiratorischen Quotienten zu verschiedenen Zeiten einen guten Einblick gibt in die Betheiligung der einzelnen Nährstoffe am Umsatz, dass qualitative Aen-

---

1) Es liegen zwar noch keine directen Bestimmungen vor, aber ich glaube, dass die willkürlichen Bewegungen den Ruheumsatz um wenigstens 5—10, aber auch um 20—25—30% steigern können, ohne dass bei letzterem Maass schon eine sehr erhebliche, stark in die Augen springende Arbeit geleistet zu werden brauchte. Mit Fritz Voit einen Ausgleich der 24stündigen, activen Bewegungen bei Menschen von verschiedenem Temperament, verschiedenem Ernährungszustand, verschiedener Beschäftigung, verschiedenem Gesundheitszustand im Apparat anzunehmen, scheint mir nicht zulässig.

derungen des Gaswechsels, wie sie beispielsweise bei Muskelarbeit eintreten können, sich kenntlich machen u. s. w.

Die Möglichkeit, denjenigen Faktor, der die Grösse des Gaswechsels am stärksten beeinflusst, die willkürlichen Bewegungen stets gleich gross, nämlich gleich null zu machen, lässt die kurzdauernden Versuche sehr geeignet erscheinen, um den Gaswechsel verschiedener Personen in vollkommen vergleichbarer Weise festzustellen. So hat sich schon durch die Untersuchungen mehrerer Autoren, u. a. Speck's, Loewy's, deutlich gezeigt, dass der Gas- und Kraftwechsel verschiedener Personen, auf die Gewichtseinheit bezogen, recht erheblich von einander differiren kann; ebenso geht aus den Zahlen von Smith, Speck und mir hervor, dass er auch bei dem gleichen Individuum innerhalb nicht ganz enger Grenzen physiologischerweise schwankt. Diese Schwankungen unter möglichst gleich gehaltenen äusseren Bedingungen zeigen offenbar eine verschiedene Thätigkeit des Lebensprocesses an, sie sind sicher nicht durch Fehler der Methodik (im weitesten Sinn) bedingt. Dass derartige Schwankungen bei den Tagesuntersuchungen am Menschen nicht so sehr hervortreten, liegt wohl hauptsächlich daran, dass von diesen höchst wichtigen Reihen leider nur eine kleine Anzahl vorliegt, sehr viel weniger als vom Hunde. Dass hier bei dem gleichen Thier innerhalb kurzer Zeiträume recht erhebliche Unterschiede auch in der Gesammttageszersetzung vorkommen, darauf habe ich oben (S. 25) hingewiesen. — Der wesentlichste und nicht ganz unberechtigte Einwurf, den man der Methode der kurzdauernden Versuche machen kann, wie dies Fritz Voit[1]) gegenüber Leo's[2]) Untersuchungen gethan hat, ist der, dass 2 kurz nacheinander angestellte Untersuchungen am gleichen Tage recht verschiedene Werthe ergeben können. Fr. Voit berechnet[3]) solche von 10—24 % für den Sauerstoffverbrauch in Leo's Versuchen. Leo's Experimente waren allerdings — wenn auch für seinen Zweck ausreichend und zum Beweis seiner Anschauung genügend[4]), — etwas kurz.

1) Fr. Voit, Ztschr. f. Biol. Bd. 29. S. 125.

2) Leo, Ztschr. f. klin. Medicin. Bd. 19. Suppl. S. 1.

3) l. c. S. 143; die eine auffällig grosse Differenz von 24 % beruht sicher, wie auch Leo schon angab (l. c. S. 12), auf einem Versuchsfehler.

4) Im Verein mit der richtigen Deutung der alten Voit'schen Versuche durch Leo.

Ich selber habe — dank der inzwischen verbesserten Methode, bei mehreren einander folgenden etwas längeren Versuchen (von je 15—30 Minuten Dauer) — viel kleinere Differenzen [1]) gefunden; und halte es auch, wo es sich um scharfe quantitative Ermittelungen handelt, um Erforschung kleiner Differenzen, für nothwendig, Zeitdauer und Zahl solcher Versuche nicht zu sehr zu beschränken. — Unter diesen Umständen aber und bei genauer Kenntniss der einschlägigen Verhältnisse ist die Methode, deren Gleichberechtigung neben der von der Münchener Schule geübten, ich in diesen Zeilen hervorheben zu müssen glaubte, durchaus geeignet, ein sehr grosses tadelloses Material zur Kenntniss des Stoffwechsels in verschiedenen physiologischen und pathologischen Zuständen zu gewinnen.

Seit Speck sowie Zuntz und v. Mering als Ursache der Gaswechselsteigerung nach Nahrungsaufnahme die Verdauungsarbeit hingestellt haben, ist diese Ansicht, wie es scheint, von den meisten Autoren acceptirt worden [2]). Nur Fick [3]) hält noch die Möglichkeit aufrecht, dass die Cirkulation von verbrennungsfähigem Material den Verbrennungsprocess anrege; er gab dieser Anschauung die neue Fassung, dass es das Eiweiss allein sei, dem die Wirkung zukomme, die Oxydation und die Kohlensäureausfuhr zu steigern. Die von Fick selbst gewünschte Versuchsanordnung zur Entscheidung der Richtigkeit seiner Anschauungen ist in vorliegender Arbeit geübt worden. Es hat sich mit Sicherheit ergeben — ebenso wie das aus Rubner's Versuchen bereits zweifellos hervorging — dass auch nach dem Verzehr kleiner und grosser Mengen von Fett und Kohlehydraten beim Hund wie beim Menschen, Kohlensäureausfuhr, Sauerstoffverzehr, Energieumsatz

1) An 31 Tagen, unter denen 5mal je 2, zumeist 3, aber auch 4, 5, 6 und 7 Versuche in nüchternem Zustand hinter einander angestellt wurden, fanden sich folgende prozentische Differenzen zwischen dem grössten und kleinsten Sauerstoffverbrauch des gleichen Tages: 6, 4, $2^1/_2$, 2, 4, 4, $8^1/_2$, 3, 6, 8, 6, $2^1/_2$, $4^1/_2$, 5, 9, 2, 5, 3, 7, 7, $4^1/_2$, 10, 6, 9, 9, 2, $4^1/_2$, 6, 4, $1^1/_2$ %.

2) Voit's Einwände (Hermann's Handbuch. Bd. IV². 1881. S. 209) richten sich, wenigstens theilweise, gegen Annahmen, die jene Autoren, deren ausführliche Publication damals noch nicht vorlag, nicht im Sinne gehabt haben.

3) Fick, Die Zersetzungen des Nahrungseiweisses im Thierkörper. Sitzber. d. Würzburger phys.-med. Gesellschaft. 1890. (21. XII. 89).

mehr oder minder stark anstiegen, jedenfalls sehr viel stärker, als dass — wie das Controllversuche für die Reisfütterung beim Hund zeigten — die Steigerung durch die kleinen in der Nahrung enthaltenen Mengen Protein hätte zu Stande kommen können. Fick hatte in seinem kleinen Aufsatz versucht, rechnerisch nachzuweisen, dass die bei der Verdauung statthabende Secretion nur einen kleinen Theilbetrag der wirklich vorhandenen Kohlensäuresteigerung bedingen könne. Er nahm — wohl absichtlich — die Menge der sechsstündigen Secretions-Produkte nach einer Hauptmahlzeit beim Menschen mit 6 kg etwas hoch an; er berechnete dann den Wärmemehrumsatz bei der Secretion aus Ludwig's Experimenten [1]) an der Submaxillardrüse, deren Temperatur um 1° bei Reizung stiege. Bei einem Gewicht der Drüse von etwa 20 gr erforderte die (NB. nur einmalige!) Anwärmung um 1°, also 20 gr Calorien (20000 Mikrocalorien); für die Zeit, während derer die Drüse 10 gr Secret liefert, lässt er, schätzungsweise, die Drüse durch den Blutstrom und durch Wärmeleitung 20 Calorien nach aussen abgeben, also ausser jenen ersten 20 weitere 20 Calorien durch die Thätigkeit gebildet sein. Somit schätzt er, dass günstigsten Falles für 10 gr Secret 40 Calorien, für 5 Kilo Secret 20000 Cal. oder 20 grosse Calorien producirt werden, die aus der Verbrennung von 25 gr Kohlenstoff mehr als gedeckt würden; diese entsprächen etwa 4,5 Lit. CO_2 (unter Normalbedingungen), während nach dieser Hauptmahlzeit sehr wohl 11 l. CO_2 in 6 Stunden mehr ausgeschieden werden können. — Fick's Rechnung ist wahrscheinlich in einem wesentlichen Punkte zu modificiren. F. schätzt die Wärmeabgabe der Drüse (durch den Blutstrom und Wärmeleitung), während sie 10 gr Secret liefert, auf 20 Calorien. Das ist viel zu gering. Aus Angaben von Heidenhain [2]) und

1) Wiener Sitzber. 1857. S. 584. Wiener med. Wochenschr. 1860. S. 449.

2) Heidenhain, Pflüger's Archiv. Bd. 17. S. 8 findet eine maximale Secretion von 3,2 ccm pro Minute; meist bleibt das Speichelvolum unter 2 ccm pro Minute. In Ludwig's Versuchen beträgt (Wiener med. Wochenschr. 1860. S. 459 ff.) die mittlere Secretion pro Minute ca. 0,9, 1,1, 1,5, 1,9 und 1,7 ccm in Versuchen von 4–6 Minuten Dauer. Nach Cl. Bernard (Cannstatt. Jahresber. 1858. S. 61) passiren bei Chordareizung 5 ccm Blut die Submaxillardrüse in 15 Secunden, also in einer Minute 20 ccm, während welcher Zeit zumeist weniger als 2 ccm Speichel abgesondert werden; wahrscheinlich ist übrigens, dass Cl. Bernard nicht das gesammte Venenblut aufgefangen.

Claude Bernard folgt, dass in minimo bei Absonderung von 10 gr Speichel 60 ccm venöses Blut aus der Drüse tritt; diese Zahl, die unter den ungünstigsten Bedingungen aus den Versuchen der Autoren berechnet, also ein Minimum ist, ist sicher viel zu klein, da 70 ccm arterielles Blut nicht wohl 10 gr (Speichel) Secret liefern und sich so bis auf 60 ccm eindicken, d. h. etwa ein Fünftel ihres Wasservorrathes verlieren können. Setzen wir so etwa auch, noch zu niedrig, 90 ccm venöses Blut an, die bei Abgabe von 10 gr Secret die Drüse passiren, so würden sowohl diese 90 ccm Blut wie die 10 gr Speichel, also ca. 100 gr Flüssigkeit um 1—1½°, in minimo um einen Grad über die Temperatur des Carotisblutes nach Ludwig erwärmt werden müssen. Sehen wir also von der, ja nur einmal, zu Beginn der physiologischerweise langdauernden Secretion stattfindenden Temperaturerhöhung der Drüsenmasse, sowie von dem Wärmeverlust durch Leitung ab, so würden bei der Secretion von 10 gr Speichel nach obigem 100×1,00 = 100 Calorien frei geworden sein. Für 5 Kilo Secret[1]) wären das 50 grosse Calorien, als Minimalwerth, für 6 Kilo 60. Im Mittel der 3 Versuche mit Mittagsmahlzeiten (s. S. 90 Tab. 40) betrug die durchschnittliche Minutenzunahme des Sauerstoffverbrauchs während 6 Stunden nach dem Hauptmahl gegenüber dem Nüchternwerth 53 ccm, der Gesammtmehrverbrauch 53 . 360=19,1 l. O_2; 1 l. O_2 Verbrauch bedeutet unter diesen Verhältnissen nach S. 9 eine Wärmeproduktion von ca. 4,7 Cal., 19,1 l. demnach ca. 89,6 Cal. Von diesen wären nach Fick's Rechnungsweise 50 oder 60 Calorien in minimo ohne jeden Zwang aus der Drüsenthätigkeit herzuleiten. Dazu kömmt die Arbeit der glatten Magen-Darm-Muskulatur, die etwas weniger wie 2% des Körpergewichts ausmacht und auch wohl dementsprechend etwas Arbeit leistet, für die ein Maass allerdings vollkommen fehlt. Liesse man diese aber den Gaswechsel auch nur um wenige Prozente (2—3% während 6 Stunden) in die Höhe treiben, so wäre der grosse Unterschied gegen die Leistungen der Skeletmuskulatur, den Fick betont, durchaus gewahrt, da willkürliche Arbeit den Umsatz während 6 Stunden um ca. 150[2]) (in kürzeren Versuchen um 3—500%)

1) Fick rechnet in seinem Aufsatz, trotzdem er 6 kg Secret annimmt, späterhin nur mit 5 kg.

2) Beim Bergsteigen sowie beim Marschiren auf der Landstrasse kann

steigern kann; und es würden bei dieser Annahme weitere 6—10 Calorien des Mehrumsatzes gedeckt sein. Dazu käme die nicht geringe Mehrarbeit des Herzens, ferner der durch die vermehrte Lungenventilation (infolge erhöhter Kohlensäureproduction) bedingte Mehrverbrauch an Brennmaterial.

Diese ganze Rechnung, deren unsichere Grundlagen nicht verkannt werden [1]), soll uns zeigen, dass der Versuch, den Mehrverbrauch ganz oder zum weitaus grössten Theil auf die „Verdauungsarbeit" zurückzuführen, keineswegs unmöglich ist. — Wie gross der wirkliche Antheil der Verdauungsarbeit an dem von mir gefundenen Mehrverbrauch ist, kann nicht genau festgestellt werden, da ja eine Mitbetheiligung anderer Momente wie die der Anregung der Oxydation durch die Circulation von oxydationsfähigem Material bei meinen Versuchen nicht mit Bestimmtheit ausgeschlossen werden kann. Die Verdauungsarbeit kann bei Annahme dieser Möglichkeit vielleicht nur einen Theil (jedenfalls wohl den grössten) der Erhöhung des Energieumsatzes bedingen, aber ihre Leistung kann umgekehrt auch grösser sein, als die in die Augen springende, die sich in der Zunahme des Gaswechsels ausdrückt. Nach Rubner [2]) wird beim (Meerschweinchen und beim) gefütterten Hund, so lange die Lufttemperatur unter 20° bleibt, ein Theil der bei und durch die Ver-

---

bei einem rüstigen Mann die Zunahme während 6 Stunden bequem 250% betragen; und dabei ist hier höchstens 2/8 der Skelettmuskulatur betheiligt.

1) Ludwig selber hat eine derartige Berechnung anzustellen nicht für erlaubt erachtet. Doch soll obige Berechnung ja nur Minimalwerthe geben. Der wesentlichste Einwand gegen diese Rechnung wäre der, dass das Venenblut in Ludwig's Versuchen verschiedene Temperaturen gezeigt hätte; aber meist ist in jenen Versuchen das venöse Blut nur wenig kühler wie der abgesonderte Speichel; für letzteren aber sind, wie Ludwig ausdrücklich hervorhebt und auch Heidenhain bestätigt, die höchsten beobachteten Temperaturüberschüsse von 1,3—1,5° C. über der Wärme des Carotisblutes Minimalwerthe. — Temperatursteigerung im Intestinaltractus während der Verdauung sahen Kronecker und Meyer (du Bois' Archiv 1879. S. 567) (um 0,5—1,3° C. im Magen). — Nach Cl. Bernard (citirt bei Frédéricq, Arch. de Biol. 1882. S. 696) beträgt die Temperatur

	in der vena portae	der Lebervene	im rechten Herz
beim nüchternen Hund	37,8	38,4	38,8
b. Beginn d. Verdauung	39,9	39,5	—
auf d. Höhe d. Verdauung	39,7	41,3	39,2.

2) Ausführliche Darlegung in „Biologische Gesetze". Marburg 1887.

dauung gebildeten Wärme latent, indem diese Mehrproduktion ausgeglichen wird durch eine Minderproduktion von Wärme in den Muskeln [1]). (In verschieden hohem Maasse je nach der Höhe der Temperatur, von welcher die „chemische Regulation" abhängt.) Somit wäre die Wärmebildung bei der Verdauung noch grösser, als sie aus der Zunahme des Gaswechsels zu berechnen ist. — Für den Menschen scheint übrigens bei mittlerer Zimmertemperatur (15—19° C.) eine derartige Regulation nicht zu gelten. Aus den Untersuchungen Voit's [2]) scheint hervorzugehen, dass bei einer Temperatur von ca. 15° der minimalste Stoffwechsel bereits erreicht ist (für das nüchterne Meerschweinchen erst bei 30°), und Loewy [3]) hat gezeigt, dass unter normalen Verhältnissen die Muskulatur des Menschen für die Wärmeregulation überhaupt nicht in Anspruch genommen wird, so dass hier eine chemische Regulation durch „Ausschaltung der Muskeln" im Sinne Rubner's nicht mehr stattfinden kann.

Kann auch die von mir in der vorliegenden Arbeit benutzte Versuchsanordnung kein definitiv ausschlagendes Material beibringen zum Beweis der Anschauung, dass der während der Verdauung gefundene grösssere Stoffumsatz durch die Verdauungsarbeit bedingt sei, so sprechen doch einige Erfahrungen zu Gunsten dieser Ansicht. So die erhebliche Steigerung des Gaswechsels nach Knochenfütterung (s. S. 81 ff.), die verhältnissmässig geringe bei einer Ueberladung des Körpers mit Fett, ferner das Fehlen einer Umsatzvermehrung in der 2ten Stunde nach Zufuhr von Zucker oder Stärkemengen, zu einer Zeit, wo dieselben noch reichlich im Körper circulirten und verbrannten (der RQ. war erheblich gestiegen); das schnelle Eintreten des vermehrten Sauerstoffverbrauchs nach Speiseaufnahme, auf welches Speck seine Ansichten stützte, ist in zahlreichen meiner Versuche deutlich sicht-

1) In Folge dieser Compensation findet eine Steigerung der Wärmeproduction nach Rubner bei Tagesversuchen „im Allgemeinen" erst dann statt, wenn die Zufuhr den Bedarf überschreitet. — In Stundenversuchen tritt die Steigerung auch bei zureichender Zufuhr stets hervor.

2) Voit, Ztschr. f. Biologie. Bd. 14. S. 80.

3) Loewy, Pflüger's Archiv. 1890. Bd. 46. S. 189 ff.

bar. — Zu Gunsten der Anschauung von Speck und Zuntz lassen sich übrigens Leo's Erfahrungen am Diabetiker verwerthen, wenngleich der Autor selbst es nicht ausdrücklich in diesem Sinn thut. Leo fand bei seinen sämmtlichen Patienten nach Nahrungsaufnahme erhebliche Steigerung des Gaswechsels (auf die absoluten Grössen der Steigerung [30—40 % des Sauerstoffverbrauchs] lege ich kein Gewicht, da zu ihrer sicheren Ermittlung Leo's Versuche zu kurz waren; eine erhebliche Steigerung des Athemprocesses aber ist sicher). Diese Zunahme trat auch ein in 2 Fällen von „schwerem" und „sehr schwerem" Diabetes, in denen eine fast nur Kohlehydrate enthaltende Kost verabfolgt wurde (bei Kraus: 171 gr Brod und 250 gr Bier gleich ca. 100 gr Kohlehydrate und 14 gr Eiweiss [die beigegebene Butter kann vernachlässigt werden], bei Dräg 156 gr Reis, 30 gr Zucker = ca. 147 gr Kohlehydrate und 12 gr Eiweiss); in beiden Fällen konnten die Kohlehydrate jedenfalls nur zu einem kleinen Theil verwerthet werden [1]), und so kann die zweifellos vorhandene Steigerung der Oxydation hier sicher nicht durch die Annahme erklärt werden, dass die Zellen des Körpers bei reichlicherer Durchtränkung mit oxydationsfähigem Material ihre Verbrennungsprocesse steigern; für den hochgradigen Diabetiker sind eben die Kohlehydrate ein nur schwer resp. in sehr beschränktem Maass oxydationsfähiges Material; hier liegt nur die Annahme im Bereich der Möglichkeit, dass die „Verdauungsarbeit" die Steigerung des Umsatzes bewirke.

Bezüglich der verschieden starken Anregung des Stoffumsatzes durch die verschiedenen Nahrungsstoffe sind Rubner's experimentelle Ergebnisse und Ansichten vollkommen zu bestätigen; ich war fast überall auf einem von dem seinigen verschiedenen Wege zu Zahlen gelangt, die den seinigen so nahe stehen, wie man das bei heterogenen Untersuchungen nur erwarten kann. Demnach wird durch Zufuhr von Fett der Gaswechsel und der Kraftumsatz am wenigsten, durch Eiweiss am stärksten gesteigert [2]). Die

1) Der RQ. stieg nach der Mahlzeit nicht; der 2. Patient konnte jedenfalls nur sehr geringe Mengen von Zucker umsetzen, da er bei gemischter Kost über 500 gr, bei möglichster Enthaltung von Kohlehydraten 150—250 gr Zucker im Harn ausschied (s. Leo's Arbeit S. 14).

2) Für eine genaue quantitative Vergleichung der Tagessteigerungen haben Rubner's Zahlen (Sitzber. d. Münchener Akad. 1885. S. 452) grösseren Werth als die meinen.

Kohlehydrate stehen in der Mitte. Für sie wie für die Fette etwa eine specifische Wirkung anzunehmen, derart, dass ihre Zufuhr zu den Zellen deren Thätigkeit anregen sollte, liegt kein Grund vor. Die grössere Wirkung der Kohlehydrate könnte wohl, wenigstens zum Theil, darauf zurückzuführen sein, dass sie als krystalloide lösliche Substanzen eine ziemlich erhebliche Steigerung des Säftestromes bedingen, während die Fettpartikelchen zum grössten Theil als solche blos mechanisch suspendirt mitgeführt und wohl bald in bestimmten Reservoiren deponirt werden. Gegenüber den mehrfachen Umwandlungen, die das Stärkemolecül durchzumachen hat, bis es in löslicher Form resorbirt und als Traubenzucker, Glykogen oder Fett seine Verwendung finden kann, wird wohl der grösste oder doch ein sehr grosser Theil des verzehrten Fettes als solches resorbirt, der Rest erleidet eine einmalige hydrolytische Spaltung, der alsbald eine Synthese des ursprünglichen Körpers folgt: Das Fett der Nahrung wird fast ohne Veränderung aufgenommen und verwerthet, nicht so die Kohlehydrate [1]).

Ob man jedoch die nach Aufnahme von Eiweiss eintretende Steigerung des Umsatzes stets ausschliesslich auf Verdauungsarbeit zurückführen könne, scheint mir zweifelhaft; einige Umstände sprechen dafür, hier noch ausserdem eine specifische Wirkung des Eiweisses anzunehmen, derart, dass das Eiweiss, ähnlich wie Fick es will (nur nicht ausschliesslich, wie er meint, und auch vielleicht auf anderem Wege), die Zellen des Körpers direct zu einem erhöhten Umsatz veranlasst [2]). Nicht als ob das Eiweiss nun eine ganz andere Rolle spielte, wie die Fette und Kohlehydrate: die Zeiten, wo man den Stoffwechsel allein nach dem Eiweissumsatz maass und ihn auf das Zehnfache gesteigert glaubte, wenn im Urin zehnmal so viel Stickstoff erschien, liegen schon lange hinter uns, in erster Reihe dank Voit's Untersuchungen. Speck [3]) sprach

1) Worauf übrigens, wie ich nachträglich sehe, schon Hösslin deutlich hingewiesen hat.

2) Die Steigerung des Sauerstoffverbrauchs, welche v. Mering und Zuntz, sowie Potthast (Pflüger's Archiv. 32. S. 173 u. 180) nach intravenöser Zufuhr des nicht weiter gereinigten Productes der peptischen Verdauung von Eiweiss constatirten, spricht auch dafür, dass gewisse Derivate der Eiweisskörper auch nach der Aufnahme in's Blut noch steigernd auf den Stoffwechsel wirken, was die anderen löslichen Nährstoffe nicht thuen.

3) Speck, Arch. f. experiment. Pathol. u. Pharmak. Bd. II. S. 419.

aus, dass eine an Stickstoff reichere Nahrung beim Menschen (bei dem allerdings der Eiweissconsum immer nur, und auch in Speck's diesbezüglichen Versuchen [ca. 52,6 gr Harnstoff im Harn] beschränkt bleibt) den Normalumsatz (bei Ruhe) im nüchternen Zustand kaum beeinflusse; Hösslin[1]) zog aus den Pettenkofer-Voit'schen Reihen den Schluss, dass das Eiweiss bei stärkerer Zufuhr für andere Stoffe nach seinem Wärmewerthe eintrete; das Gleiche erklärte Rubner, der auf Grund zahlreicher eigener Untersuchungen die isodynamen Werthe für die verschiedenen Nährstoffe, so auch für das Eiweiss feststellte, und scharf nachwies, dass das Eiweiss die anderen Nahrungsstoffe nach den isodynamen Vertretungswerthen ersetze, also den Umsatz nicht in specifischer Weise anrege. — Für den Fall, dass der Eiweissgehalt der Nahrung allein die für die Deckung des gesammten Stoffbedarfs nöthige Menge überschreitet, hat Pflüger auf Grund seiner Versuche am Hunde sehr bestimmt den Satz ausgesprochen, dass jedes Plus an Eiweiss den Stoffumsatz und die Wärmeproduction erheblich steigert, da von dem überschüssig zerfallenden Eiweiss kein Rest (etwa in Form von Fett) im Körper zurückbleibe. — Wenn ich nun auch eine specifische Anregung des Umsatzes durch das Eiweiss als möglich hinstelle, so geschieht das auch nicht für „zureichende" Mengen von Eiweiss in der Nahrung, und selbst für überschüssige nicht bei einmaliger Darreichung, wenigstens nicht in erheblichem Maasse. In der That ist der Unterschied der Umsatzsteigerungen bei etwa gleich grosser überschüssiger Zufuhr von Eiweiss resp. Kohlehydraten am ganzen Tag nicht so gross, um für beide Arten von Stoffen eine principiell verschiedene Wirkung annehmen zu müssen (23 resp. 18 %); selbst nicht in Rubner's besser und directer vergleichbaren Tagesuntersuchungen, wo die Differenz grösser ist (19,7 u. 10,2 %). Auch ein Vergleich der in stündlichen Versuchen erreichten maximalen Steigerungen des Gas- und Kraftwechsels zwingt nicht nothwendig zu einer solchen Annahme. In jenen „Reisreihen" war eine maximale Steigerung des Sauerstoffverbrauchs um 39 % (in der 8ten Stunde) vorhanden, ihr entsprach eine Wärmemehrproduction von ca. 48—50 % (die Steigerungen sind freilich nicht allein von den Kohlehydraten der Nahrung herzuleiten, vielmehr ein nicht unerheblicher Theil auf die Rechnung des Ei-

1) Hösslin, Virchow's Archiv. 1889. S. 333 ff.

weisses zu setzen, cf. S. 53); die entsprechenden Maxima betrugen in den 3 Eiweissreihen Nr. 86, 92, 95, 60—70 % für den Sauerstoff-consum, 50—60 % für den Wärmeumsatz. — Aber die hier zur Berechnung gelangenden Zahlenwerthe sind aus Versuchen abgeleitet, die am ersten Tag einer Eiweissfütterung stattfanden. Die prozentualen wie die absoluten Steigerungen des Gas- und Kraftwechsels erreichen viel höhere Werthe, wenn eine starke Eiweisskost **dauernd** gegeben wird.

In diesen Reihen wird ein Verbrauch von 350, 360 und noch mehr ccm Sauerstoff erreicht, auch in tadellosen Versuchen, auch da, wo ein normaler Nüchternwerth (öfter allerdings bei Versuchen, in denen bereits der Nüchternwerth sehr hoch ist) von ca. 185 ccm O_2 beobachtet wurde. Das bedeutet eine Zunahme des Sauerstoffverbrauchs um fast 100 %. In der Reisreihe betrug die Wärmeerzeugung des ruhenden nüchternen Thieres 0,72—0,73, in der Fleischreihe etwa 0,83 Calorien pro Minute (berechnet aus den Zahlen S. 9). In einzelnen Stunden auf der Höhe der Verdauung liess sich eine Production von 1,5—1,6 Cal. pro Minute berechnen.

Eine so erhebliche Steigerung des Umsatzes ist wohl kaum aus der Verdauungsarbeit allein zu erklären, um so weniger, als auch die Nüchternwerthe gelegentlich in dieser Reihe auffallend hoch sind. Auch die Zunahme des Eiweissstandes am Körper genügt nicht zur Erklärung. Es scheint fast nöthig, eine specifische Wirkung des Eiweiss auf den Umsatz anzunehmen. Dass längere Zeit gegebene höher bemessene Fleischnahrung nicht nur den Eiweiss-, sondern auch den Gesammtumsatz anrege und erhöhe, sagt Rubner[1]); auch aus einzelnen Reihen Voit's scheint das Gleiche hervorzugehen. In letzter Zeit verficht, wie schon erwähnt, vor allem Pflüger die dominirende Bedeutung des Eiweiss; er giebt in seinen vorbereitenden Mittheilungen zu seiner noch ausstehenden grossen Arbeit (Pflüger's Archiv. Bd. 52. S. 68 ff.) an, dass von allen Stoffen nur das Eiweiss die Fähigkeit besitze, den Stoffwechsel weit über das Bedürfniss zu steigern. Diese Erhöhung des Gesammttagesumsatzes kann zurückgehen sowohl auf eine Steigerung des Ruheverbrauchs wie auf eine directe Anregung, einen Reiz zu stärkerer activer Bewegung, zu grösserer Lebhaftigkeit;

---

1) Ludwig's Festschrift. S. 268.

letzteres ist aus manchen Erfahrungen wahrscheinlich; ersteres glaube ich aus meinen Versuchen entnehmen zu können.

Meine bisherigen, ja zunächst zu anderen Zwecken angestellten Untersuchungen, sind bei Weitem nicht zahlreich genug, um diese Anschauung lückenlos zu beweisen; dazu gehören eigene neue Reihen, in denen N-Bestand und Ausscheidung etc. zu controlliren ist, die ich vielleicht demnächst unternehmen kann.

Die hier angenommene verschiedene Wirkungsweise des Eiweisses und der Kohlehydrate und Fette ist wenigstens in ihrer Wirkungsweise leicht verständlich. Werden letztere beide Stoffe im Ueberschuss zugeführt, so wird nur ein kleinerer oder grösserer Bruchtheil der Zufuhr zur Ueberführung des Materials in den Körper verbraucht; der grösste Theil des Ueberschusses als Reservematerial, als Fett aufgespeichert, das nur wenig Volum einnimmt; die Körpermasse nur wenig vermehrt, die Organisation derselben kaum verändert. Ganz anders beim Eiweiss: dieses kann — abgesehen von gewissen embryonalen Verhältnissen — nicht oder doch nur in geringem Maasse amorph oder krystallinisch, d. h. als nicht organisirte Masse am Körper abgelagert werden, und so ein bequemes Reservematerial abgeben (abgesehen von einer etwaigen, aber beim Hund, wenn überhaupt, nur in geringem Maassstab vorkommenden Fettbildung aus Eiweiss). Wird Protein in Mengen, die den Bedarf decken, zugeführt, so verdrängt es zunächst die anderen Nährstoffe aus dem Umsatz; eine specifische Wirkung in erheblichem Maasse liegt hier jedenfalls nicht vor. Bei einem beträchtlichen Ueberschuss wird ein Theil desselben für die Verdauungsarbeit verbraucht, ein Theil vermehrt die Menge des „circulirenden Eiweisses“, für das wohl übrigens das Maximum schnell erreicht wird. Von dem unter Umständen noch recht erheblichen Rest kommt blos ein Theil als Körperfleisch zum Ansatz. Warum das geschieht, oder doch wahrscheinlich geschehen muss, hat — meines Wissens zuerst und allein — in einer geistvollen und m. E. viel zu wenig gewürdigten Schrift Hösslin[1]) ausgesprochen. Der Körper sucht nach H. die für ihn normale Menge von Organeiweiss in möglichst engen Grenzen zu erhalten, weil mit dem Wachsthum der Zelle ein (unverhältnissmässig) viel grösserer Verbrauch verbunden ist, und damit denn auch eine vermehrte Leistungsfähigkeit, wie auch mit

1) Virchow's Archiv. Bd. 89. S. 333 ff.

einer Abnahme des Organeiweisses eine sehr verminderte. Eine mittlere und sich annähernd gleichbleibende Leistungsfähigkeit erhält sich der Körper durch die annähernde Constanz seiner functionirenden Massen. Das Gegentheil, eine weitgehende Abhängigkeit des Organismus und seines Bestandes an functionirendem Eiweiss von den Zufälligkeiten der Nahrungszufuhr, eine rapide Ab- und Zunahme des Körperfleisches wäre — nach unseren heutigen Anschauungen — nicht zweckentsprechend, „dysteleologisch" weniger vortheilhaft, wie die wirkliche Einrichtung. Darum zerstört der Körper den grössten Theil des überschüssig zugeführten Eiweisses. In der Verwerthung des zeitweisen Nahrungsüberschusses an stickstofffreiem Material verfährt der Organismus ganz anders; hier speichert er den Ueberschuss — den er übrigens in viel höherem Maass auf die Dauer verträgt, als einen solchen von N-haltigem Futter — auf, ohne sich durch diesen Zuwachs an Körpermasse eine grosse Veränderung seiner Leistungen aufzuerlegen. Ein Hund von 30 kg kann bequem und ohne Mühe sich nur 1 kg Fett anmästen, ohne in seinem Nahrungsbedürfniss, seinem Umsatz, seinen Leistungen sich sichtlich zu verändern; aber auch nur ein Kilo Eiweiss (von kaum dem halben Brennwerth des Fettes) als Körperfleisch (ca. 4—5 kg Muskel- oder Drüsensubstanz) zum Ansatz zu bringen, erfordert eine besondere Mühe, Zeit und Art der Fütterung, und das Thier würde am Schluss eines solchen Versuchs wesentlich anders sich verhalten wie am Anfang.

So würde dann bei anhaltendem starken Ueberschuss von Eiweiss in der Nahrung ein Theil desselben über das gewöhnliche Maass hinaus zur Verbrennung gelangen. Wo und wie ist nicht sicher. Diesen Ueberschuss etwa als nicht verwendbar, als nutzlos und ohne Effect „im Blut" oder sonstwie zu Grunde gehen zu lassen, lediglich den Körper etwas stärker „angeheizt" werden zu lassen, und ihn etwas mehr Wärme ausstrahlen zu lassen, wäre wenig plausibel. Zur Annahme einer derartigen „Luxusconsumption" liegt wohl kein zwingender Grund vor. — Dagegen wäre es wohl möglich, dass durch eine derartige Kost die animalischen Functionen gesteigert würden, dass die Eiweisskost einen stärkeren Reiz zu activer Bewegung ausübe, wie eine stickstoffarme, und dass diese Bewegungen energischer wären, die einzelnen Muskeln grösserer mechanischer Leistungen fähig seien (auch in der Ruhe könnte der Muskeltonus grösser sein). Liebig betont die enorme Unruhe und

Beweglichkeit der grossen Fleischfresser; der fleischgefütterte Hund soll viel lebhafter sein als einer bei gemischter Kost; die einmaligen oder kurzdauernden Kraftleistungen der grossen Fleischfresser übertreffen diejenigen der Pflanzenfresser, obgleich ihre nutzbare Gesammtleistung wohl gegen die der letzteren zurücksteht. Beim Trainiren der Engländer zu irgendwelchen körperlichen Wettkämpfen spielt die animalische Kost eine grosse Rolle; und wenn mir auch keine physiologische Analyse der bei diesem Regime wirksamen Momente bekannt ist, so kommt doch wahrscheinlich der stärkeren Eiweisszufuhr ein gewisser Antheil an dem erzielten Effect zu.

Sind diese Anschauungen richtig, so würde das überschüssig verbrennende Eiweiss doch nicht umsonst verpuffen, es würde die momentane Leistungsfähigkeit des Körpers erhöhen, und in der That die dominirende Stellung einnehmen, die Pflüger ihm neuerdings wieder zuweist.

Herrn Prof. Zuntz an dieser Stelle meinen Dank aussprechen zu können, gereicht mir zu lebhafter Freude; seiner Anregung folgend, übernahm ich die Bearbeitung des vorliegenden Themas; während der ganzen Dauer der Arbeit habe ich mich des Interesses und der Unterstützung in Rath und That seitens meines verehrten Lehrers stets und in der weitgehendsten Weise zu erfreuen gehabt.

Nachtrag zu den Versuchen über Knochenfütterung (S. 81 ff.).

Der Nachweis, dass die Steigerung des respiratorischen Stoffwechsels nach der Knochenfütterung nicht aus einer Wirkung des resorbirten N-haltigen Materials stammen kann, wird durch folgenden, inzwischen von Herrn Prof. Zuntz angestellten Versuch gesichert, den zu publiciren mir Herr Prof. Z. gütigst gestattet hat.

Eine dem tracheotomirten Hund an Grösse und Gestalt ähnliche Hündin, die bisher mit Fleisch und Fleischmehl gefüttert worden war, hungert 3 Tage, frisst dann 955 gr Knochen (meist Rippen und einige Theile von Wirbeln vom Pferd), hungert dann wieder 3 Tage, erhält hierauf 300 gr gehacktes Fleisch und hungert hinterher noch einen Tag. Der Stickstoffgehalt der verfütter-

ten Knochen wird in einer grösseren Durchschnittsprobe bestimmt, ebenso derjenige des verfütterten Fleisches, der des Knochenkothes, und des Harns, welch letzterer in 24- oder 12stündigen Perioden mit dem Katheter (unter Ausspülung der Blase) scharf abgegrenzt worden war. — Der erste Knochenkoth erschien bereits nach 12 Stunden, der letzte erst am achten Tag.

So ergaben sich für die Ausnutzung des Kothes folgende Zahlen:

	Trocken-Substanz	Asche	Organ. Substanz	Fett	Stickstoff
	gr	gr	gr	gr	gr
Einnahme 955 gr Knochen	779 [1])	—	—	112,5	32,98 [1])
Ausgabe 1015 „ Koth	445	324	121	17,8	9,72
Resorbirt	334	—	—	94,7	23,26

Die Bestimmung des Aschengehalts der Knochen ist leider missglückt.

Die Entleerung des Knochenkothes zog sich 8 Tage lang hin; während dieser Zeit hätte der Hund nach den Angaben Fr. Müller's [2]) bei leerem Darm etwa 25 gr Hungerkoth mit etwa 5—8 gr Aetherextract und ca. 1,5 gr N gebildet. Die aus den Verdauungssäften herrührende Menge von N ist jedenfalls noch grösser, da ja nach Rieder's [3]) Versuchen bereits eine nicht darmreizende Stärkezufuhr die N-Abgabe vom Darm beträchtlich vermehrt. Man kommt so zu dem Schluss, dass der Hund die ihm in Form von Knochen gebotenen Nährstoffe vorzüglich ausnützt. — Die Stickstoffausscheidung im Harn lehrt aber, dass diese Ausnützung sehr langsam erfolgt und wenigstens 3 Tage beansprucht. Die Stickstoffbestimmung in dem täglich resp. halbtägig scharf abgegrenzten Harn ergab folgende Werthe:

1) Die Knochen besassen also einen Wassergehalt von 18,4 % und einen N-Gehalt von 3,45 %, d. h. höher als er oben (S. 82, je um 2,3 % N) auf Grund der Angaben von Volkmann (Vierordt's Tabellen. Jena 1893. 2. Aufl. S. 251) und Voit (ebenda S. 253) berechnet worden war. Etzinger's (Ztschr. f. Biologie. Bd. X. S. 100) (vorher getrocknete?) „lufttrockene Knochensubstanz“ enthielt 9,6 % Wasser, 90,4 % feste Theile; in letzteren 72,04 % Asche und 27,96 % organ. Substanz.

2) Fr. Müller, Ztschr. f. Biol. Bd. 20 S. 327 ff.

3) Rieder, Ztschr. f. Biol. Bd. 20 S. 378 ff.

Datum	Futter	Zeit	gr N halbtägig	gr N ganztägig	Bemerkungen
30./31. V.	1ter Hungertag	$9^1/_2$—$9^1/_2$	—	7,88	
31.V./1.VI.	2ter "	$9^1/_2$—$9^1/_2$	—	5,75	
1./2. VI.	3ter "	$9^1/_2$—$9^1/_2$	—	5,55	
2./3. VI.	955 gr Knochen 400 ccm Wasser	$9^1/_2$—$10^1/_4$ $10^1/_4$—$9^1/_2$	6,05 6,91	12,96	d. Knochen um 10^{00-30} früh verzehrt
3./4. VI.	1ter Hungertag	$9^1/_2$—$9^1/_2$	—	12,28	an 3 Tag. 36,75 gr N im Urin
4./5. VI.	2ter "	$9^1/_2$—$9^1/_2$	—	11,51	bis zum 5. VI. früh $9^1/_2$ 940 gr Knochenkoth entleert; kein Koth bis z. 10. VI.; an dies. Tag noch 75 gr Knochenkoth
5./6. VI.	300 gr Hackfleisch	$9^1/_2$—$8^1/_2$ $8^1/_2$—$9^1/_2$	8,56 3,39	11,95	früh 10 Uhr 300 gr Hackfleisch (analysirt) = 9,92 gr N
6./7. VI.	Hunger	$9^1/_2$—$9^1/_2$	—	3,95	

Von diesen Daten ist für die Beurtheilung der Wirkung der Knochen auf den respiratorischen Gaswechsel bedeutungsvoll, dass in den ersten 12 Stunden nach der Knochenfütterung nur 6,05, dagegen schon in $10^1/_2$ Stunden nach 300 gr Fleisch 8,56 gr N im Urin erscheinen. Wenn in den Seite 82 mitgetheilten Versuchen die Wirkung einer ähnlichen Knochenmenge auf den respiratorischen Gaswechsel selbst die von 400 gr Fleisch bedeutend übertraf, so ist jede Möglichkeit ausgeschlossen, diese Wirkung aus dem vermehrten Umsatz von N-haltiger Substanz abzuleiten.

Neben dem Nachweis der vorzüglichen Ausnutzung so harter in keiner Weise mechanisch präparirter Knochen hat der Versuch noch das interessante Ergebniss geliefert, dass die Regel, es werde innerhalb 24 Stunden die genossene Nahrung vom Hund verdaut für so grosse Knochenmengen nicht gilt, die Resorption vielmehr 3 Tage lang in sehr gleichmässiger Weise andauert, wie der Harnstickstoff lehrt. Die am 4ten Tag (bei Fleischzufuhr) entleerte Stickstoffmenge von 11,95 gr N entspricht dem, was man nach Zufuhr von 9,92 gr N im Fleisch beim Hungerhund erwarten musste und demgemäss haben wir in der zweiten Hälfte des Tages nur noch wenig mehr N, als wir bei vollständigem Hunger zu erwarten hätten. Es war also in der That die Wirkung des Knochenstickstoffs vor Beginn der Fleischfütterung zu Ende. Sie hatte so lange gedauert, bis der grösste Theil des Knochenkothes entleert war. Die Hündin hatte bis zum 4. VI. Vm. 516 gr, bis zum 5. VI. Vm. weitere 424 gr frischen Knochenkoth entleert.

Wie bei der absolut unzureichenden Nahrungsmenge nicht anders zu erwarten war, haben die Knochen nur wenig Körpereiweiss vor dem Zerfall geschützt. Wir dürfen wohl annehmen, dass ohne Fütterung der Eiweisszerfall bis zum 7. VI. noch etwas niedriger geworden wäre, also noch weniger als 3,95 gr N ausgeschieden worden wären, und dass der Abfall von 5,55 gr N am 2. VI. bis auf $<$ 3,95 gr N am 7. VI. ein stetiger gewesen wäre. Die Wirkung der Knochenzufuhr tritt dann in folgenden Zahlen hervor:

3. VI.	12,96 gr N	statt	5,23 gr N
4. VI.	12,28 „	„	4,91 „
5. VI.	11,51 „	„	4,59 „
	36,75 gr N	statt	14,73 gr N

Wir haben ein Mehr von 22 gr N im Urin, während 23,26 gr N aus den Knochen resorbirt wurden.

Register.

Eigenschaften, Verbreitung und Bedeutung des nichtorganisirten activen Proteinstoffes.

Von

Dr. **Th. Bokorny.**

Dass inactive Eiweissstoffe in gewissen Pflanzentheilen sich in grosser Menge als Reservenahrungsstoffe anhäufen können, ist bekannt. Doch wurde nie die Frage erörtert und untersucht, ob nicht auch die activen Proteinstoffe, aus denen das Protoplasma sich aufbaut, gespeichert vorkommen.

Ob actives Protein im nichtorganisirten Zustande überhaupt vorkommt oder nicht, wurde von O. Loew und Verf. schon vor mehreren Jahren in bejahendem Sinne entschieden. Bei Spirogyren zeigte sich in vielen Fällen actives Protein an einem Zellorte, der frei ist von Zellorganen, in dem hier sehr umfangreichen Zellsaftraume; der Zellsaft wies mehr oder minder grosse Mengen activen Proteins auf. Damit war die Frage nach der Existenz eines nicht organisirten activen Albumins erledigt; es gibt ein solches. Nicht immer wird also das von den Pflanzenzellen gebildete active Protein sofort zur Bildung oder Vergrösserung von Zellorganen (Organoiden), wie Chloroplasten, Vacuolenwand, Zellkern u. s. w., verwendet, sondern es tritt mitunter eine Ablagerung desselben ausserhalb der Organe ein.

Ob es auch in erheblichen Mengen gespeichert werden kann und ob das active Protein ein verbreiteter Reservenahrungsstoff, etwa ähnlich wie Stärke, Fett, inactives Eiweiss sei, das war noch zu prüfen.

Bezüglich des Begriffes „actives Protein“ kann hier zunächst auf die bekannte Hypothese O. Loew's[1]) über die

---

1) In O. Loew und Th. Bokorny, chem. Kraftquelle, theoret. Theil.

Entstehung und Constitution der zum Aufbau der Zellen dienenden Eiweissstoffe verwiesen werden. Das active Albumin ist nach dieser Hypothese ein sehr labiler Stoff, in welchem die Labilität durch gleichzeitige Anwesenheit und Nebeneinanderlagerung von Aldehyd- und Amidgruppen bedingt wird. Bei den geringsten Eingriffen geht der labile Eiweissstoff in einen stabilen über, indem Aldehyd- und Amidgruppen in einander eingreifen und Atomverschiebung erleiden.

Auch hinsichtlich der früheren Versuche, welche von Loew und Verf. zum Nachweis der Aldehydgruppen im activen Protein sowie zum Nachweis der Amidogruppen angestellt wurden, kann hier auf ältere Publikationen hingewiesen werden[1]). Zahlreiche Experimente wiesen thatsächlich auf jene vermuthete Constitution hin.

Bei manchen Objecten lässt sich der nichtorganisirte active Proteinstoff in Form von grossen glänzenden Kugeln, beziehungsweise Scheiben, zur Ausscheidung bringen, wenn man 0,1procentige Lösung von Coffein oder 0,5procentige Lösung von Antipyrin auf sie einwirken lässt; jene Ausscheidungen wurden von Loew und Verf. Proteosomen genannt; sie sind kugelig, wenn sie aus dem Zellsaft stammen, scheibenförmig (durch den Turgordruck), wenn sie im Cytoplasma entstehen.

Grosse Proteosomen, wie sie bei Spirogyren und manchen andern Pflanzen mit genannten Reagentien unter gewissen Bedingungen erzielt werden können, eignen sich besonders zum Studium der Eigenschaften des nichtorganisirten activen Albumins. An ihnen wurden darum in den letzten Jahren noch eine Reihe weiterer Beobachtungen[2]) über das active Albumin angestellt, auf die hier ganz kurz eingegangen sei, zur genaueren Charakteristik desselben.

---

1) Besonders wichtig in dieser Hinsicht sind auch die Arbeiten Loew's über Giftwirkung, worin gezeigt wurde, dass Körper, die leicht mit Aldehyden reagiren, allgemeine Gifte sind. Vergl. hierüber O. Loew, über Giftwirkung des Hydroxylamins, dieses Arch. 1885, p. 516 und O. Loew, natürl. System der Giftwirkungen, München 1893, p. 38 ff.

2) Zur Chemie der Proteosomen. Flora 1892, Beiheft, und botan. Centralblatt. 1893, Nr. 6.

Fast augenblicklich nach Zugabe von Coffein — bei Antipyrin erfolgt die Einwirkung etwas träger — macht sich an günstigen Objecten die Ausscheidung der Proteosomen bemerklich. Das Coffein dringt offenbar in geringer Menge momentan ein und schon minimale Mengen reichen aus, die merkwürdige Reaction hervorzurufen; schon mit 0,01procentiger Lösung erfolgt z. B. bei Crassulaceenblättern sehr bald Proteosomenbildung. Dass nicht viel Coffein zunächst eindringt, geht aus dem Unterbleiben gewisser anderer Erscheinungen hervor, die bei einigermaassen erheblicher Coffeinzufuhr sich sofort zeigen.

Der ausgeschiedene Eiweissstoff ist stark wasserhaltig, wie man an dem Zusammenschmelzen der Proteosomen und der daraus hervorgehenden flüssigen Beschaffenheit erkennt, sowie aus dem Zusammenschrumpfen bei der Gerinnung und Umlagerung. Nach einer ungefähren Schätzung wird bei der ersten Ausscheidung etwa die Hälfte bis zwei Drittel des Wassers ausgestossen, das übrige Quellungswasser trennt sich erst bei der Gerinnung vom Eiweiss.

Die Einwirkung des Coffeins und Antipyrins auf das gelöste oder stark aufgequollene active Protein ist wohl am ehesten als eine Art Reiz aufzufassen. Durch den Contract mit Coffein polymerisirt sich das active Albumin; es bilden sich grössere Molecüle, was mit einer Wasserausstossung verknüpft ist.

Die Zellen, in denen Proteosomenbildung stattgefunden hat, leben häufig zunächst noch weiter; sie bleiben in ihren Functionen ungestört. Bei Spirogyren gelang sogar der Versuch, dieselben lange Zeit weiter leben zu lassen, als die Proteosomen führenden Algen aus der Coffeinlösung in reines Wasser zurückversetzt wurden. Die Proteosomen wurden allmählich wieder aufgelöst.

Die Proteosomen geben sämmtliche mikrochemischen Eiweissreactionen, so dass also die Eiweissnatur derselben wohl nicht bestritten werden kann[1]). Man wählt zum Nachweis der Eiweissnatur zweckmässig grössere Proteosomen aus, d. h. solche, wie sie durch Zusammenschmelzen mehrer kleiner allmählich entstehen (ursprünglich kommen sie sämmtlich als kleine Kügelchen zur Ausscheidung). Damit ist

1) Siehe hierüber insbesondere auch O. Loew und Th. Bokorny „Zur Chemie der Proteosomen“, in Flora 1892, Beiheft.

Millon's Reaction gut zu erhalten, wenn man die Objecte 8—10 Minuten in einer mit nicht zu wenig Kaliumnitrit versetzten ziemlich concentrirten Lösung von Mercurinitrat liegen lässt, um dem Reagens Zeit zu geben, in die (nun coagulirten) Kugeln einigermaassen einzudringen, und hierauf kurze Zeit zum Sieden erhitzt. Die Biuretreaction gelingt nicht, wenn man dazu die frischen Proteosomen anwendet, weil diese durch die Kalilauge des Reagens gelöst werden. Verwendet man die durch 0,2% Ammoniak fixirten Proteosomen, so gelingt die Reaction sehr gut; durch das Ammoniak gehen die Proteosomen in einen widerstandsfähigeren Zustand über, jedenfalls unter Bindung von Ammoniak. Man lässt auf die fixirten Proteosomen circa 12 Stunden lang bei 16—18° eine mässig concentrirte Lösung von essigsaurem Kupfer einwirken und betupft die abgewaschenen Objecte mit sehr verdünnter Kalilauge; dabei nehmen sie eine intensive Violettfärbung an. Die Gelbfärbung mit Jod, die Blutlaugensalzreaction, Farbstoffspeicherung gelingen — auch bei gerbstofffreien[1]) Proteosomen — recht gut.

Auch im Verhalten gegen kochendes Wasser, sowie gegen Alkohol zeigt sich Analogie mit den Eiweissstoffen; es tritt Coagulation ein. Wenn es auch richtig ist, dass man häufig die Coagula nicht mehr deutlich erkennen kann, sofern man Objecte mit Proteosomen direct in kochendes Wasser taucht, so werden doch die coagulirten Kugeln sehr schön sichtbar, wenn man vor dem Eintauchen dem kochenden Wasser noch 1—5% Kochsalz zusetzt. Es ist ja eine bekannte Thatsache, dass sehr salzarme Eiweisslösungen beim Kochen nicht gerinnen und erst Zusatz von neutral reagirenden Salzeu sofortige Coagulation zu Stande bringt. Durch verdünnten Alkohol werden die Proteosomen bald in den unlöslichen Zustand übergeführt, nach kurzem Verweilen in 10procentigem Alkohol sind die Kugeln trübe geworden und geschrumpft. Unter dem Mikroskop lässt sich die Umwandlung beim Behandeln mit 10 bis 20procentigem Weingeist an Spirogyren sehr schön verfolgen. Die gebildeten compacten

---

1) Häufig sind die Proteosomen gerbstoffhaltig, was von mancher Seite für derart wichtig gehalten wurde, dass man die wahre Natur der Proteosomen völlig verkannte.

Massen oder auch Hohlkugeln werden weder von Wasser noch von absolutem Alkohol gelöst. Verfährt man dagegen so, dass man die Objecte sofort mit 80—90procentigem Alkohol behandelt, so wird das Coffein den Zellen so rasch entzogen, dass die meisten Proteosomen schneller sich wieder lösen[1]), als Coagulation erfolgen kann, wozu eben doch das Eindringen einer grösseren Alkoholmenge erforderlich ist. Man sieht dann nur an Stelle der grösseren Proteosomen ein dünnes Gerinnsel, kleinere scheinen völlig verschwunden zu sein; das feine Coagulum ist eben durch die ganze Zelle vertheilt.

Das Proteosomeneiweiss ist eine äusserst leicht veränderliche Substanz. Schon durch das spontane Absterben der Zellen, in denen sie liegen, erleiden sie eine Umänderung, bald früher bald später, öfters schon wenige Minuten nach dem Tode.

Lässt man z. B. Spirogyren 5—6 Tage in einer 0,5procentigen Coffeinlösung liegen, so gehen einzelne Zellen der Fäden zu Grunde; diese heben sich unter dem Mikroskop scharf von den übrigen, noch lebenden ab. Sieht man nun dieselben genauer an, so zeigt sich durchweg auch ein total verändertes Aussehen der in ihnen enthaltenen Proteosomen. Sie sind viel weniger glänzend und durchscheinend als die unveränderten Proteosomen und zeigen 1 bis mehrere Höhlungen; die Consistenz ist von der flüssigen in die feste übergegangen. Ferner sind die „abgestorbenen" Proteosomen gegen Ammoniak indifferent, während die glänzenden flüssigen Proteosomen der noch lebenden Zellen Ammoniak binden (zu Amidoderivaten werden) und hierdurch andere Eigenschaften annehmen. Durch dieses Verhalten gegen Ammoniak ist jener Eiweissstoff der frischen Proteosomen scharf vom gewöhnlichen Eiweiss verschieden, welches gegen verdünntes Ammoniak ganz indifferent ist.

Stoffe, welche schädlich auf die Zellen wirken, verändern auch auffallend rasch die Coffeinproteosomen. Manchmal genügt es, eine 1 pro mille Essigsäurelösung 15 Minuten lang wirken

1) Es wurde schon früher mitgetheilt, dass z. B. beim Eintauchen der Objecte in 25° warmes Wasser die Lösung der Coffeinkugeln durch Coffeinentziehung blitzschnell erfolgt.

zu lassen, um die frischen glänzenden Proteosomen undurchsichtig zu machen. Eine 2procentige Blausäure wandelt die frischen Proteosomen bald in Hohlkugeln um. Diamid, Formaldehyd Aether dunst, Stoffe, welche als Gifte bekannt sind, wirken in kurzer Zeit auch auf frische Proteosomen verändernd ein; das Aussehen der Proteosomena und ihr Verhalten gegen manche Reagentien ist dann wesentlich anders geworden.

Die frischen Coffein-Proteosomen besitzen intensives Silberabscheidungsvermögen, d. h. der Eiweissstoff derselben fällt aus den früher von O. Loew und Verf. angegebenen höchstverdünnten Silberlösungen das Silber, er enthält eine Atomgruppe, die in den gewöhnlichen Eiweissstoffen nicht enthalten ist. Man hat zwar zu behaupten versucht, dass der Gerbstoff, der in den Proteosomen häufig mit eingeschlossen ist[1]), die Silberreduction bedinge. Allein der Einwand ist hinfällig, da der Gerbstoff aus Lösungen von der Verdünnung 1:100000 kein Silbermetall abzuscheiden vermag, und da ausserdem sicher erwiesen ist, dass gerbstofffreie Proteosomen ebenso intensiv reduciren wie gerbstoffhaltige. Man kann Spirogyren so züchten, dass sie zwar actives Eiweiss im Zellsaft enthalten, aber keinen Gerbstoff, — sie geben mit Coffein Proteosomenbildung, die Proteosomen scheiden Silber ab aus jenen höchst verdünnten alkalischen Auflösungen[2]).

Ausser durch Coffein und Antipyrin kann der active nichtorganisirte Eiweissstoff der Pflanzenzellen auch zur Ausscheidung gebracht werden durch sehr verdünntes Kali, Ammoniak, organische Basen aller Art, überhaupt durch basische Stoffe. Doch ist der so ausgeschiedene Eiweissstoff nicht von jener grossen Aehnlichkeit mit dem belebten Stoffe selbst, nicht so wenig verändert, wie der durch Coffein oder Antipyrin ausgeschiedene; offenbar liegen dort innige Verbindungen des Eiweissstoffes mit den Basen vor, während die Coffeinproteosomen den activen leicht veränderlichen Eiweissstoff noch als solchen oder in äusserst locker

---

1) Nämlich wenn diese aus gerbstoffhaltiger Vacuolenflüssigkeit zur Ausscheidung kommen.

2) Siehe hierüber: O. Loew u. Th. Bokorny, über das Verhalten von Pflanzenzellen zu stark verd. alkal. Silberlösung, botan. Centralbl. 1893, Nr. 39.

polymerisirtem Zustand erhalten. Uebrigens eignen sich auch Kali, Ammoniak etc. in manchen Fällen sehr gut zur Sichtbarmachung des activen Eiweissstoffes, d. h. zur Bewirkung der Proteosomenbildung, und werden daher gelegentlich Erwähnung finden. Auch die Kali- und Ammoniak-Proteosomen besitzen das eben hervorgehobene Silberreductionsvermögen.

Der Proteosomen bildende Eiweissstoff[1]), ein Stoff von grosser Labilität, findet sich nun ausser in Spirogyren noch in zahlreichen andern Pflanzen und Pflanzentheilen vor, oft in grosser Menge. Er ist ein Pflanzenstoff von weiter Verbreitung, soweit die bisherigen Untersuchungen reichen.

So kommt er reichlich in den Tentakeln von Drosera vor. Die Ausscheidung desselben in glänzenden verschmelzenden Kugeln wurde von Ch. Darwin „Aggregation" genannt und als Lebensreaction[2]) erklärt, d. h. als eine Reaction, welche an abgestorbenen Zellen auf keine Weise hervorgerufen werden kann.

Reizt man einen Tentakel auf irgend eine Weise — die Zahl der Reizmittel ist nach Darwin eine sehr grosse, ihre Art mannigfaltig — so treten mit Einbiegung desselben im Innern der Zellen auffallende Veränderungen ein. „Wenn ein Tentakel", sagt Darwin[3]), „einige Stunden, nachdem die Drüse durch wiederholtes Berühren oder durch unorganische oder organische Theilchen, welche darauf lagen, oder durch die Aufsaugung von gewissen Flüssigkeiten gereizt worden war, untersucht wird, so bietet er ein gänzlich verändertes Ansehen dar. Die Zellen, anstatt mit homogener Flüssigkeit erfüllt zu sein, enthalten nun verschiedentlich geformte Massen von purpurner Substanz in einer farblosen oder beinahe farblosen Flüssigkeit suspendirt. Die Veränderung ist so augenfällig, dass sie durch eine schwache Lupe sichtbar ist und manchmal sogar mit blossem Auge; die Tentakeln haben nun ein geflecktes Ansehen, so dass ein in dieser Weise afficirter mit Leichtigkeit von andern

---

1) Damit ist nicht gemeint, dass es stets einer oder ein und derselbe Eiweissstoff sei. Loew und Verf. haben schon mehrmals hervorgehoben, dass wahrscheinlich viele Isomere hier in Betracht kommen können.

2) Eine solche ist sie selbstverständlich auch bei Spirogyra.

3) Insectenfressende Pflanzen, Uebersetzung von Carus, p. 34.

unterschieden werden kann. Dasselbe Resultat erfolgt, wenn die Drüsen auf der Scheibe auf irgend eine Weise gereizt werden; denn ihren Inhalt wird man dann in einem zusammengeballten Zustand finden, obgleich ihre Drüsen noch keinen Gegenstand berührt haben." „Durch welche Ursachen auch der Process nur immer angeregt worden sein mag, er fängt innerhalb der Drüsen an und geht dann die Tentakeln hinunter. Er kann viel deutlicher in den oberen Zellen der Stiele als in den Drüsen beobachtet werden, da diese etwas undurchsichtig sind. Kurz nachdem die Tentakel sich wieder gestreckt haben, werden all' die kleinen Massen von Protoplasma wieder aufgelöst, und die purpurne Flüssigkeit in den Zellen wird wieder so homogen und durchsichtig wie sie vorher war."

Darwin hielt die geballte Substanz für Protoplasma! Denn er sagt: „Diese kleinen Massen verändern unaufhörlich ihre Form und Stellung und ruhen niemals. Eine einzige Masse theilt sich oft in zwei, welche sich nachher wieder vereinigen. Ihre Bewegungen sind ziemlich langsam und gleichen denen der Amoebe oder der weissen Blutkörperchen. Wir können daher folgern, dass sie aus Protoplasma bestehen." „Der Process der Zusammenballung ist ein lebendiger; ich meine damit, dass der Inhalt der Zellen lebendig und unverletzt sein muss, um in dieser Weise afficirt werden zu können."

Ganz zutreffend ist die Meinung Darwin's bezüglich der Natur der sich ballenden Substanz zwar nicht; denn es handelt sich hier — wenigstens zum Theil[1]) — um nichtorganisirtes actives Albumin, während jedes Protoplasma organisirtes Albumin darstellt. Doch wurde von Darwin mit Recht auf den Zusammenhang jener Dinge mit dem Leben hingewiesen.

Als chemisches Mittel, die Eiweisskugeln zur Ausscheidung zu bringen, wurde von Darwin hauptsächlich eine verdünnte Auflösung von kohlensaurem Ammoniak angewandt; nach D. genügt schon die Aufsaugung von 0,0005 Milligramm durch eine Drüse, um im Laufe einer Stunde deutlich mikroskopisch bemerk-

1) Wie H. de Vries zeigte, tritt bei Drosera ausser der Ausscheidung von Eiweiss aus dem Zellsaft, häufig Contraction und Theilung der Vacuolenwand ein; die Theilvacuolen sehen den Eiweisskugeln oft zum Verwechseln ähnlich.

bare Ausscheidungen in den oberen Parenchymzellen des Stieles hervorzurufen. Verf. zeigte[1]), dass auch zahlreiche andere basische Stoffe dasselbe bewirken, und dass der Stickstoffgehalt des einwirkenden Stoffes nicht wesentlich ist, wie Darwin glaubte.

Die ausgeschiedenen Kugeln der Droserazellen geben alle Eiweissreactionen, ausserdem zeigen sie im frischen Zustande die leichte Veränderlichkeit, die oben bei Spirogyra beschrieben wurde, sie reduciren stark verdünnte alkalische Silberlösung und verlieren die Fähigkeit hierzu bei längerem Liegen der Präparate etc. Sie sind also als actives Albumin zu betrachten.

Als Ort der Ausscheidung ist hier der Zellsaft, d. i. die Vacuole, zu nennen. In diesem ist das active Albumin ursprünglich gelöst oder aufgequollen. Doch kann man mit Kali 1 : 1000 oder Ammoniak 1 : 10000 in den gegen die Basis der Tentakel zu gelegenen Zellen auch im Cytoplasma Eiweisskugeln erhalten. Es ist da also auch im Cytoplasma nichtorganisirtes actives Albumin aufgespeichert.

Ausser in den Tentakeln ist bei Drosera das active Albumin im ganzen Blattparenchym sowie in der Epidermis der Blätter aufgespeichert, freilich in geringerer Menge als in den Tentakeln.

Eine andere insectenfressende Pflanze, Nepenthes phyllamphora, zeigt ebenfalls Eiweisssspeicherung im Blatt, wie Verf. vor einigen Jahren[2]) fand. Hier sind die Blätter zu einer Kanne umgeformt, in welcher Verdauungsflüssigkeit abgesondert wird; in dieser Flüssigkeit findet man in der Regel gefangene und halbverdaute Thiere (Asseln und dgl.) vor.

Hebt man von dem Boden der Kanne (auf der Innenseite) Flächenschnitte ab mit der Vorsicht, dass die Epidermiszellen möglichst unverletzt bleiben, so kann man in der gesammten Epidermis durch verdünntes kohlensaures Ammoniak oder freies Ammoniak oder noch besser durch 1 pro Mille gesättigte Coffeinlösung eine Ausscheidung von kleinen Kügelchen aus dem Zellsaft und Cytoplasma veranlassen, welche starkes Lichtbrechungsvermögen wie

---

1) Pringsh. Jahrb. XX, Heft 4.

2) „Ueber Agregation“, Pringsh. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. XX. Heft 4 pag. 445.

die bei Spirogyra und Drosera beobachteten besitzen und wie diese rasch zu grösseren Kugeln zusammenfliessen. Nach Verlauf von etwa $1/4$ Stunde ist jede Epidermiszelle angefüllt mit grossen und kleinen glänzenden Kugeln, die sich auch in ihren chemischen Reactionen als identisch erweisen mit den bei Spirogyra beschriebenen.

Aehnlich verhält es sich mit der Epidermis an der Innenseite der Fangorgane von Darlingtonia californica[1]). Auch hier kann Aufspeicherung activen Albumins nachgewiesen werden; desgleichen bei Sarracenia purpurea[2]).

Bei Primula sinensis ist actives Albumin im Zellsaft der gesammten Epidermiszellen aufgespeichert und kann mit Coffeinlösung zur Anschauung gebracht werden.

Crocus vernus enthält nichtorganisirtes actives Albumin in der Narben-Epidermis; mit Coffeinlösung oder auch mit Kali oder Ammoniak von 1 pro mille scheidet sich dasselbe aus dem Cytoplasma aus.

In der Epidermis sowie den Drüsenhaaren von Pelargonium-Stengeln und -Blättern scheidet sich aus dem Zellsaft actives Albumin aus bei Einwirkung von 1 pro mille -Coffeinlösung oder -Kali- oder -Ammoniaklösung. Die Ausscheidungen werden mit alkalischer Silberlösung von 1 : 100000 tiefschwarz, erscheinen in abgestorbenen Zellen nicht etc.

Reichliche Aufspeicherung activen Albumins trifft man ferner in den Zellen der Staubfäden von Eugenia und Melaleuca, und in der Epidermis der Blüthenorgane von Acacia.

Cyclamen europaeum lässt bei Einwirkung von 1‰ Coffeinlösung auf die Epidermis der Blumenblätter Ausscheidung von Eiweisskugeln sowohl im Cytoplasma als im Zellsaft erkennen.

Die Crassulaceen Cotyledon, Echeveria, Sedum etc. haben an den Blättern eine subepidermale Schicht, welche reichlich actives Albumin im Cytoplasma gespeichert enthält und dieses beim Eindringen einer 1‰ Coffeinlösung in stark lichtbrechenden, leicht verschmelzenden Körperchen zur Ausscheidung bringt.

---

1) a. a. O. p. 447.

2) Verf. in diesem Arch d. gesammt. Physiol. Bd. 45, p. 213.

Der Blattstiel von Begonia ist mit rothen Haaren besetzt, welche mit 1‰ Coffeinlösung actives Albumin ausscheiden.

Lässt man auf einen nicht allzu dünnen Querschnitt durch das Blatt von Dionaea muscipula 1 pro mille Coffeinlösung einwirken, so zeigt sich Ausscheidung activen Albumins in den Epidermiszellen, ferner in Zellenzügen im Innern, welche vom Mittelnerv zum Rand des Blattes verlaufen.

Die jungen eben hervorbrechenden Blätter von Rheum zeigen in ihrer Epidermis reichliche Bildung von Eiweisskugeln mit 1‰ Coffeinlösung. In den Blüthen (Stiel, Perigon und Staubfäden) ruft Antipyrin wie Coffein Proteosomenbildung hervor.

In Längsschnitten durch die Nectarien von Passiflora bringt 1 pro mille Ammoniak Ausscheidung activen Albumins in den Epidermiszellen hervor.

Die jungen Samenknospen von Impatiens Sultani zeigen mit 1‰ Coffeinlösung Eiweisskügelchen in der Oberhaut; desgleichen mediane Längsschnitte durch den Blüthenstiel in zahlreichen Zellen.

Junge Ahornblätter zeigen mit ½ procentiger Antipyrinlösung starke Proteosomenbildung in der Epidermis. Desgleichen Knospenblätter von Crataegus oxyacantha. Staubfäden, Griffel und Blüthenboden von Acer enthalten viel actives Albumin.

Mimosa pudica enthält ebenfalls actives Albumin gespeichert in der Epidermis der Blättchen, ferner in den petiololi. Die Proteosomenbildung ist hier an jungen Blättern wegen deren geringer Dicke schon an ganzen Blattstücken zu sehen, wenn man durch Einschnitte mit dem Rasirmesser dafür sorgt, dass das Reagens eindringen kann. Nach 12 stündigem Liegen sieht man in der das grüne Gewebe bedeckenden Epidermis deutlich die Proteosomen.

Helianthus-Keimlinge enthalten in den Reservestoffzellen der Cotyledonen gespeichertes actives Protein (O. Loew).

Limnanthemum zeigt in den eben hervorbrechenden Spitzen der Seitenwurzeln Proteosomenbildung.

Bei Rhododendron findet sich in der Oberhautschicht von Griffel und Narbe der Proteosomen gebende Stoff vor.

Cornusblüthen zeigen viel actives Albumin in den Blüthenstielen und in den Perigonblättern.

Sehr reich daran sind ferner die Narben von Salix; auch in der Blüthenstandsachse finden sich hier Zellen vor, die Proteosomenbildung ergeben; die Proteosomen treten deutlich im Cytoplasma auf. Auch in den männlichen Blüthenständen sowie in gewissen Zellen der Stammrinde ist actives Albumin gespeichert.

Forsythia suspensa gibt in der Epidermis der Staubfäden und der Griffel deutliche Proteosomenbildung.

Hoteia japonica enthält in Blüthenstielen und Filamenten viel actives Albumin. Syringa wenig in den Blüthenblättern, desgleichen die Kirschblüthe.

Die Apfelblüthe enthält sehr viel actives Albumin in den jungen Samenknospen.

Die weisse Malve enthält im jugendlichen Zustand kein actives Albumin, im ganz ausgewachsenen Zustande ebenfalls nicht, dagegen zeigt sie solches im halberwachsenen Zustande. Gerbstoff fehlt. (O. Loew.)

Primula zeigt Proteosomenbildung in Blumenkrone, Fruchtknoten, Griffel und jungen Samenanlagen. Desgleichen Gentiana in allen Blüthentheilen sehr viel.

Euphorbia zeigt actives Albumin in Pistill und Staubfäden.

Bei Taxus canadensis lassen sich an Längsschnitten durch den Zweiggipfel lang gestreckte Zellen auffinden, welche mit 0,1 % Coffein deutliche Proteosomenbildung ergeben.

Scrofularia vernalis zeigt in den Blüthen etwas actives Albumin.

Schneebeeren enthalten im unreifen Zustande viel actives Albumin, im reifen keines mehr. Gerbstoff fehlt. (O. Loew.)

Mit 1 prozentigem Antipyrin erhält man starke Proteosomenbildung bei Sorbus-Aucuparia-Blüthenknospen; desgleichen bei jungen Pappelblättern.

Epidendron ciliare enthält in der Epidermis der gelben Blumenblätter actives Eiweiss; Alocasia in den Blattfleischzellen; Melianthus major im Blattstiel; Amorphophallus Rivieri in den rothgefärbten Zellen des Blüthenschaftes; Viburnum rugosum[1]) in den Inflorescenzen.

1) Schon angeführt in diesem Arch., 1889, p. 214, in Th. Bokorny, „Zur Charakteristik des lebenden Pflanzenprotoplasmas.“

Von Pflanzen, in denen bis jetzt nie eine Ansammlung von activem Protein gefunden werden konnte, seien erwähnt: Sphäroplea annulina (eine Alge), Convallaria majalis, Ranunculus Ficaria, Tussilago Farfara, Anemone hepatica, Löwenzahn, Narcisse, Veronica purpurea, Bilbergia amoena u. s. w.

Da die obenerwähnten positiven Beispiele ganz beliebig herausgegriffen sind, lässt sich wohl annehmen, dass das nichtorganisirte active Albumin noch in zahlreichen anderen Pflanzen aufgefunden werden kann und zu den verbreitetsten Inhaltsstoffen der Pflanzenzellen gehört.

Welche physiologischen Beziehungen lassen sich nun für das nichtorganisirte active Albumin vermuthen oder feststellen?

Die zunächst liegende Beziehung ist die, dass es zur Bildung der Organoide des lebenden Plasmas verwendet wird, wenigstens bei denjenigen Pflanzenzellen, die noch des Wachsthums und der Theilung fähig sind. Wenn die Vermuthung richtig ist, so muss es durch Förderung des Wachsthums bei gleichbleibender oder noch besser verhinderter Eiweissbildung verbraucht werden. Andrerseits muss sich eine bedeutende Speicherung nachweisen lassen, wenn die Eiweissbildung mehr begünstigt wird als die Wachsthumsvorgänge.

Das lässt sich mit Hilfe der Coffeinreaction bestätigen. Bringt man eine geringe Spiropyrenmenge (Sp. Weberi) in mehrere Liter folgender (nitratfreien) Lösung:

0,05 % Calciumsulfat
0,02 „ Calciumbicarbonat
0,02 „ Magnesiumsulfat
0,005 „ Monokaliumphosphat
Spur Eisenchlorid,

und untersucht die Spirogyren nach mehrwöchentlichem Stehen im zerstreuten Tageslicht bei 16—18°, so finden sich nur noch geringe Spuren von activem Albumin vor. Es fehlen die Stickstoffverbindungen, Eiweissneubildung ist also unmöglich und die wachsenden Zellen sind lediglich auf das bereits gespeicherte ac-

tive Protein angewiesen, das allmählich verbraucht wird. Eine bedeutende Speicherung dagegen gelingt, wenn man bei Gegenwart aller Nährsalze besonders die Menge des Kaliumnitrats vermehrt, indem dadurch die Kohlenstoffassimilation angeregt wird und die nun in grösseren Mengen disponibel werdende Glucose auch die Dissociation und Reduction der Sulfate und Nitrate, resp. die Eiweissbildung energisch befördert; man kann so bei Anwendung einer eiweissarmen Spirogyra schon binnen einigen Wochen sehr reichliche Aufspeicherung activen Albumins erzielen. Eine solche Nährlösung ist z. B.

0,05 % Kaliumnitrat
0,03 „ Calciumnitrat
0,005 „ Magnesiumsulfat
0,005 „ Monokaliumphosphat
Spur Eisenchlorid.

In dieser Lösung ging bei Spir. nitida und Sp. majuscula die Eiweissbildung so rasch vor sich, dass keine erhebliche Stärkemenge gespeichert wurde, sondern alles gebildete Kohlehydrat in Form von Glucose zur Eiweissbildung diente; Coffein rief nun enorm starke Ausscheidung hervor.

Ferner lässt sich beobachten, dass Temperaturverhältnisse erheblichen Einfluss auf die Menge des gespeicherten activen Proteins ausüben. Die Temperatur beeinflusst eben das Wachsthum; bei warmer Witterung geht dasselbe rascher vor sich als bei kalter, in Folge dessen findet man bei ersterer (ceteris paribus) weniger Protein gespeichert als bei letzterer. Von dieser Thatsache kann sich jeder überzeugen, der Spirogyren zu allen Jahreszeiten sammelt und dieselben mit 1 pro Mille Coffeinlösung prüft.

Das gespeicherte active Protein ist also bei Spirogyren nachgewiesenermaassen ein Reservestoff, welcher beim Wachsthum unmittelbar zum Aufbau der Organe dient.

Bei Spirogyren wird das überschüssige active Protein in denselben Zellen, in denen es gebildet wurde, abgelagert, und in Zeiten lebhaften Wachsthums oder geringer Neubildung wieder verbraucht. Der Ort der Bildung und des Verbrauches können hier nicht zweifelhaft sein; ebensowenig die Art des Verbrauches. Die

Spirogyren bestehen aus lauter gleichartigen assimilirenden Zellen; die Eiweissbildung findet also hier sicher in denselben Zellen statt, in welchen assimilirt[1]), d. i. Kohlehydrat aus Kohlensäure gebildet wird.

Aus dem gelegentlichen Verschwinden in Spirogyrenzellen ergibt sich ein Fingerzeig für die Bedeutung des nichtorganisirten activen Proteins in andern Fällen, wo die Verwendung nicht experimentell klargelegt ist.

Besonders hervortretend ist in den angeführten Beispielen das Vorkommen desselben in Blüthenorganen, wie Staubfäden, Griffeln, Blüthenstielen, Perigonblättern u. s. w. In den Blüthen wird viel Eiweiss gebraucht zur Bildung der Pollenkörner und Samenanlagen; aus diesem Grunde findet eine lebhaftere Zuströmung[2]) des activen Albumins nach den Blüthen statt. Die Ausbildung der für die Fortpflanzung wichtigen Theile wird auf diese Weise gesichert.

Aehnlich dürfte es sich mit dem Vorkommen activen Proteins in jungen Blättern verhalten; die weitere Entwicklung derselben soll dadurch sichergestellt werden.

Junge Früchte, wie die unreifen Schneebeeren, sammeln actives Protein auf, um Material für das weitere Wachsthum zu haben; das Verschwinden desselben beim Reifen der Frucht weist direct auf diese Bedeutung hin.

Nun weisen freilich auch völlig ausgewachsene und keine neuen Zellen producirende Organe, wie die ausgewachsenen Blätter der Crassulaceen gespeichertes actives Protein auf; die speichernden Zellen liegen unmittelbar unter der Epidermis. Vielleicht soll damit für den Fall einer Verletzung der Blattoberfläche Bildungsmaterial für neue Zellen bereitgestellt sein.

Was die Vertheilung des gespeicherten activen Proteins nach Geweben betrifft, so ist die Bevorzugung der Epidermis von grossem Interesse. Kein lebendes Gewebe ist ausgeschlossen von der Function, actives Protein zu speichern; doch tritt die Speicherung

---

1) In dem beschränkten botanischen Sinn.

2) Die Wanderung des unveränderten activen Proteins im Pflanzenkörper ist möglich durch die jetzt fast überall nachgewiesenen Plasmaverbindungen zwischen den Zellen.

mit überwiegender Häufigkeit in der Epidermis ein. Sollte hier vielleicht die Bildung desselben besonders reichlich stattfinden (aus zugeführten Kohlehydraten und stickstoffhaltigen Substanzen)? Da auch die Kerne hier meist ungewöhnlich gross ausgebildet erscheinen und die Eiweissbildung möglicherweise im Zellkern vor sich geht, so dürfte jene Vermuthung etwas für sich haben.

Vielleicht ist auch die verhältnissmässig weite Entfernung der Epidermis von den Leitbündeln und die dadurch bedingte geringe Abfuhr zum Theil Schuld daran, dass in diesem Gewebe besonders häufig eine Speicherung activen Proteins angetroffen wird.

Das Vorkommen activen Proteins in der Epidermis der fleischverdauenden Pflanzen scheint ferner auf eine Beziehung zur Fermentbildung hinzuweisen.

(Aus dem physiologischen Institut zu Würzburg.)

Ueber die Wärmebildung bei summirten Zuckungen.

Von

Dr. **Fritz Schenck** und Dr. **Gustav Bradt.**

(Mit 2 Holzschnitten.)

Ueber die Wärmebildung bei Summation von Zuckungen ist bis jetzt nur Folgendes bekannt. In einer bestimmten Zeit wird, wie Fick beobachtet hat, in einem Muskel weniger Wärme entwickelt, wenn er während dieser Zeit in andauerndem Tetanus erhalten wird, als wenn er während derselben möglichst viele Einzelzuckungen ausführt. Das lässt im Allgemeinen erwarten, dass bei Summation von Einzelzuckungen die Wärmebildung nicht proportional der Zahl der Reize ist, sondern kleiner. Genaueres über die Abhängigkeit der Wärmebildung von dem Reizintervall musste aber noch durch weitere Untersuchungen festgestellt werden. Wir haben dies unternommen und wollen hier über die Ergebnisse der Versuche berichten.

Die Wärmemessung geschah in bekannter Weise nach der von Fick ausgearbeiteten Methodik. Absolute Wärmemessungen sind nicht gemacht; es genügten die Nadelausschläge der Boussole allein zum Vergleich des Stoffumsatzes bei verschiedenen Arten von Muskelacten.

Zur Reizung waren in den primären Stromkreis die drei Reizcontacte *a*, *b* und *c* eines nach Schönlein's Angaben construirten Rheotoms eingeschaltet. Die ausführliche Beschreibung des Apparates findet sich in den unter Schönlein's Leitung angefertigten Abhandlungen von Wolf[1]) und Wapler[2]), auf die wir hier ver-

1) L. Wolf, Versuche über Doppelreizung bei isometrischer Muskelthätigkeit etc. Diss. Würzburg, 1889.

2) B. Wapler, Beiträge zur Kenntniss der tetanischen Erregungsvorgänge am Froschmuskel. Diss. Würzburg, 1890.

weisen. Die Rheotomscheibe liessen wir in unseren Versuchen nicht mehr als 90 Umdrehungen in der Minute machen. Bei grösserer Umdrehungsgeschwindigkeit ergab sich nämlich ein Uebelstand, mit dem schon Wolf[1]) zu kämpfen hatte; wir erhielten dann leicht von ein und demselben Contact nicht immer gleich starke Inductionsschläge, was in den Verschiedenheiten der Zuckungshöhen und Wärmemengen zum Ausdruck kam. Da Contact *b* an *a* nicht näher als 16,2° gestellt werden konnte, so ergab sich freilich der Uebelstand, dass das Reizintervall zwischen *a* und *b* nicht kleiner als 0,03" wurde. Wir glauben aber, dass die Vollständigkeit unserer Untersuchung dadurch nur wenig eingebüsst hat.

Zum Treiben der Rheotomscheibe wurde ein kleiner Electromotor benutzt. Dieses von Blänsdorf's Nachfolger in Frankfurt a. M. bezogene und ursprünglich als Harncentrifuge eingerichtete Instrument war durch eine geringe Abänderung zum Treiben anderer Maschinen hergerichtet worden, weil es sich als gut und sparsam arbeitend erwies. Der gleichmässige Gang des Motors wurde durch folgenden von Herrn Professor Fick daran angebrachten Centrifugalregulator erzielt. Ein schmales hohes Kästchen ist auf die senkrecht stehende Achse befestigt und etwa zu einem Viertel mit Quecksilber gefüllt. In der Mitte des Kästchens tauchen in das Quecksilber zwei Platindrähte ein, die in die Leitung der treibenden Batterie eingeschaltet waren. So lange die Platindrähte ins Quecksilber eintauchen, ist der Strom geschlossen. Die zur Regulation nöthige Stromunterbrechung kommt immer zu Stande, wenn das Quecksilberniveau infolge der Drehung in der Mitte soweit gesunken ist, dass die Enden der Platindrähte aus ihm hervorragen. Verschiedene Geschwindigkeiten werden erreicht dadurch, dass die Platindrähte verschieden tief in das Quecksilber eingetaucht werden.

Die Curven wurden registrirt auf die Trommel des Kymographions, nicht auf die Rheotomtrommel, weil hier bei den zahlreichen Versuchen, die wir mit einem Präparate zu machen hatten, die Zeichnung zu verwirrt geworden wäre.

Die Resultate geben wir im Folgenden übersichtlich in Tabellenform.

---

1) a. a. O. S. 15.

Gruppe I. Summation von 2 isotonischen Zuckungen.

Für jede Reihe giebt Tabelle A den Auszug aus den Versuchsprotokollen an, und zwar enthält sie in der zweiten senkrechten Spalte die Contacte, in der dritten die Entfernung der Contacte von einander in Graden, in der vierten die Wärmemengen für je eine einzelne oder ein Paar summirte Zuckungen ausgedrückt durch die Nadelausschläge; ferner in der fünften und sechsten die höchste Erhebung der ersten resp. zweiten Curve in mm gemessen — hier ist für die erste keine Hubhöhe angegeben, wenn sie sich in der Curve der summirten Zuckungen nicht deutlich abhob —, und schliesslich in der letzten mit „Ausgangshöhe" bezeichneten Spalte die Höhe, in der sich die zweite Zuckung von der ersten abhebt; diese ist natürlich auch nur in dem Falle zu messen, wenn der Anfang der zweiten Curve deutlich zu sehen ist; das ist dann der Fall, wenn sie auf dem Gipfel oder im absteigenden Schenkel der ersten beginnt. Die Belastung des Muskels betrug in allen Fällen 12,5 gr.

Die Tabelle B giebt die erhaltenen Zahlen für die summirten Zuckungen (bei mehreren gleichartigen Versuchen das Mittel der Zahlen) so umgerechnet, dass die Wärmemenge und die Hubhöhe bei der einfachen Zuckung gleich 1 gesetzt worden sind. In der Rubrik „Ausgangshöhe" finden sich nicht bloss die ausgemessenen Ausgangshöhen in der angegebenen Weise umgerechnet, sondern auch diejenigen im aufsteigenden Schenkel, die nicht gemessen werden konnten. Letztere sind geschätzt, und zwar in folgender Weise. Wir zeichneten uns eine typische Zuckungscurve, bestimmten in derselben die für einen Versuch erhaltenen Ausgangshöhen im absteigenden Schenkel und markirten uns die zugehörigen Abscissenpunkte. Die Entfernung dieser Punkte von dem Anfangspunkt der Curve entsprach also den zugehörigen Reizintervallen. Mit Hülfe der anderen Reizintervalle liessen sich dann die Abscissenpunkte und damit auch die Ausgangshöhen für die summirten Zuckungen berechnen, bei denen die zweite im aufsteigenden Schenkel der ersten anfing. Die so geschätzten Ausgangshöhen sind in der Tabelle alle eingeklammert.

In der letzten senkrechten, mit $\frac{A}{W}$ bezeichneten Spalte ist das Verhältniss von Arbeit zur Wärme gegeben und zwar berechnet für $\frac{A}{W}$ der einfachen Zuckung gleich 1. Falls die zweite Zuckung

im absteigenden Schenkel der ersten ansetzt, ist die Arbeit nicht gleich der Hubhöhe der zweiten gesetzt, sondern gleich der Hubhöhe der ersten plus der Entfernung des Gipfels des zweiten von der Ausgangshöhe.

In Reihe I bis V wurden in jedem Einzelversuche 5 Zuckungen gemacht und aus den erhaltenen Werthen das Mittel für eine berechnet, in Reihe VI bis VIII je 3.

Die Ermüdung ist in diesen Versuchen so wenig aufgetreten, dass wir sie bei der Berechnung der Mittelzahlen nur in einigen wenigen Fällen zu berücksichtigen brauchten. Diese sind in Tabelle B mit einem Sterne oben rechts bezeichnet.

Reihe I. A.

Nummer	Contacte	Contactstellung	Wärme	1. Hubhöhe	2. Hubhöhe	Ausgangshöhe
1	b	—	12,9	17,1	—	—
2	c	—	12,3	16,0	—	—
3	b+c	25,2°	17,7	15,5	18,5	14,6
4	b+c	16,2	18,7	—	23,0	—
5	b+c	34,2	20,6	17,3	13,25	5,5
6	b	—	14,4	17,0	—	—
7	c	—	12,1	16,0	—	—
8	b+c	34,2	21,1	17,2	12,6	4,3
9	"	25,2	18,4	17,0	18,8	15,3
10	"	16,2	18,4	—	23,0	—
11	b	—	12,6	17,0	—	—
12	c	—	13,0	16,75	—	—
13	b+c	25,2	18,3	17,5	20,6	16,6
14	"	19,8	16,9	—	23,5	—

Reihe II. A.

Nummer	Contacte	Contactstellung	Wärme	1. Hubhöhe	2. Hubhöhe	Ausgangshöhe
1	b	—	11,0	7,0	—	—
2	c	—	9,7	7,5	—	—
3	b+c	5,8°	15,8	—	13,25	—
4	"	20,2	16,6	—	13,0	—
5	b	—	10,7	9,0	—	—
6	c	—	8,7	7,5	—	—
7	b+c	20,2	15,8	—	13,8	—
8	"	13,0	14,2	—	12,2	—
9	"	13,0	14,0	—	13,5	—
10	b	—	10,7	9,0	—	—
11	c	—	10,5	7,4	—	—
12	b+c	20,2	16,1	—	13,5	—
13	"	27,4	12,6	8,3	9,0	6,6
14	"	27,4	11,9	8,0	9,0	6,5
15	"	20,2	12,1	—	12,25	—
16	"	13,0	11,9	—	12,0	—
17	b	—	8,2	6,5	—	—
18	c	—	9,0	7,0	—	—
19	b+c	5,8	14,8	—	14,0	—

Reihe I. B.

Nummer	Contacte	Contactstellung	Wärme	2. Hubhöhe	Ausgangshöhe	A/W
1	b+c	16,2°	1,44	1,37	(0,88)	0,95
2	"	19,8	1,31	1,40	(1,0)	1,07
3	"	25,2	1,40	1,15	0,92	0,88
4	"	34,2	1,62	0,77	0,29	0,91

Reihe II. B.

Nummer	Contacte	Contactstellung	Wärme	2. Hubhöhe	Ausgangshöhe	A/W
1	b+c	5,8°	1,56	1,77	(0,3)	1,14
2	"	13,0	1,37	1,65	(0,74)	1,20
3	"	20,2	1,55	1,70	(1,0)	1,09
4	"	27,4	1,25	1,17	0,86	1,05

Reihe III. A.

Nummer	Contacte	Contact-stellung	Wärme	1. Hubhöhe	2. Hubhöhe	Ausgangs-höhe
1	c	—	8,8	13,3	—	—
2	b	—	9,1	14,0	—	—
3	b + c	27,4°	11,4	11,6	13,0	6,7
4	"	20,2	10,8	12,4	17,2	11,1
5	"	13,0	14,7	—	29,3	—
6	"	5,8	15,9	—	28,2	—
7	b	—	10,7	21,8	—	—
8	c	—	8,9	19,8	—	—
9	b + c	5,8	14,2	—	26,6	—
10	"	13,0	15,6	22,0	30,0	22,0
11	"	20,2	15,7	23,2	29,5	22,9
12	"	27,4	16,0	24,2	28,4	22,0
13	"	38,2	16,7	24,1	25,0	18,5
14	b	—	12,2	24,0	—	—
15	c	—	12,1	23,6	—	—
16	b + c	45,4	16,3	24,2	23,4	16,8
17	"	27,4	14,9	—	29,8	—
18	"	20,2	15,9	—	29,6	—
19	"	13,0	15,4	—	28,2	—
20	"	5,8	14,7	—	27,0	—
21	c	—	11,1	22,8	—	—
22	b	—	11,2	22,8	—	—

Reihe IV. A.

Nummer	Contacte	Contact-stellung	Wärme	1. Hubhöhe	2. Hubhöhe	Ausgangs-höhe
1	b	—	15,7	28,5	—	—
2	c	—	12,9	27,0	—	—
3	b+c	38,2°	19,0	28,6	28,8	18,8
4	"	27,4	20,7	29,0	36,6	29,0
5	"	16,6	21,6	—	38,8	—
6	"	5,8	20,8	—	36,0	—
7	c	—	15,4	29,0	—	—
8	b	—	15,8	29,5	—	—
9	b+c	5,8	21,6	—	36,0	—
10	"	16,6	20,8	—	39,5	—
11	"	27,4	2[illegible],6	—	38,6	—
12	"	38,2	20,8	30,0	32,5	23,4
13	"	49,0	22,4	29,7	26,3	11,3
14	b	—	15,8	30,0	—	—
15	c	—	15,7	30,0	—	—
16	b+c	49,0	23,3	30,0	27,6	12,6
17	"	33,2	19,8	29,8	32,6	27,3
18	"	27,4	18,6	—	38,0	—
19	"	16,6	20,2	—	38,0	—
20	"	5,8	19,0	—	34,0	—
21	c	—	14,1	29,5	—	—
22	b	—	14,3	29,5	—	—

Reihe III. B.

Nummer	Contacte	Contact-stellung	Wärme	2. Hubhöhe	Ausgangs-höhe	$\frac{A}{W}$
1	b+c	5,8°	1,42	1,34	(0,28)	0,94
2	"	13,0	1,45	1,44	(0,72)	1,00
3	"	20,2	1,35	1,26	(1,0)	0,93
4	"	27,4	1,35	1,17	0,80	1,01
5	"	38,2	1,59	1,23	0,73	0,94
6	"	45,4	1,55	1,15	0,69	0,94

Reihe IV. B.

Nummer	Contacte	Contact-stellung	Wärme	2. Hubhöhe	Ausgangs-höhe	$\frac{A}{W}$
1	b+c	5,8°	1,37	1,20	(0,2)	0,88
2	"	16,6	1,39	1,32	(0,62)	0,95
3	"	27,4	1,33	1,28	(0,99)	0,96
4	"	38,2	1,33	1,07	0,79	0,96
5	"	49,0	1,53	0,92	0,41	0,99

Reihe V. A.

Nummer	Contacte	Contact-stellung	Wärme	1. Hubhöhe	2. Hubhöhe	Ausgangs-höhe
1	c	—	13,4	16,5	—	—
2	b	—	12,9	17,0	—	—
3	b+c	49,0°	19,7	17,6	13,2	2,6
4	„	38,2	18,5	17,6	17,3	11,5
5	„	27,4	18,4	17,0	23,8	—
6	„	16,6	19,6	—	25,0	—
7	„	5,8	17,4	—	21,5	—
8	b	—	13,5	18,0	—	—
9	c	—	13,2	18,0	—	—

Reihe V. B.

Nummer	Contacte	Contact-stellung	Wärme	2. Hubhöhe	Ausgangs-höhe	A/W
1	b+c	5,8°	1,30	1,24	(0,2)	0,95
2	„	16,6	1,47	1,44	(0,66)	0.98
3	„	27,4	1,38	1,37	1,0	1,0
3	„	38,2	1,39	1,00	0,66	0,96
5	„	49,0	1,48	0,76	0,15	1,09

Reihe VI. A.

Nummer	Contacte	Contact-stellung	Wärme	1. Hubhöhe	2. Hubhöhe	Ausgangs-höhe
1	b+c	5,8°	21,0	—	22,0	—
2	„	16,6	21,7	—	24,5	—
3	„	27,4	21,2	18,0	23,0	18,0
4	„	38,2	22,0	17,7	17,2	12,5
5	„	49,0	23,7	17,0	14,7	6,7
6	c	—	15,0	17,5	—	—
7	b	—	15,0	17,5	—	—
8	b	—	15,7	17,5	—	—
9	b+c	49,0	22,5	17,0	14,7	6,5
10	„	38,2	20,0	16,5	16,3	12,8
11	„	27,4	19,7	16,0	20,7	16,0
12	„	16,6	20,5	—	21,0	—
13	„	5,8	17,5	—	18,5	—
14	„	5,8	18,0	—	18,0	—
15	b	—	15,0	15,0	—	—
16	c	—	14,7	15,0	—	—
17	b+c	3,6	15,8	—	16,0	—
18	„	3,6	16,7	—	16,0	—
19	c	—	14,5	15,0	—	—
20	b	—	14,5	15,0	—	—

Reihe VI. B.

Nummer	Contacte	Contact-stellung	Wärme	2. Hubhöhe	Ausgangs-höhe	A/W
1	b+c	3,6°	1,09	1,07*	(0,08)	0,98
2	„	5,8	1,25	1,18	(0,20)	0,94
3	„	16,6	1,41	1,38	(0,66)	0,98
4	„	27,4	1,37	1,33	1,0	0,97
5	„	38,2	1,40	1,01	0,77	0,89
6	„	49,0	1,54	0,89	0,40	0,97

Reihe VII. A.

Nummer	Contacte	Contact-stellung	Wärme	1. Hubhöhe	2. Hubhöhe	Ausgangs-höhe
1	b	—	24,3	33,0	—	—
2	c	—	21,5	31,3	—	—
3	b+c	3,6°	26,5	—	35,6	—
4	„	3,6	25,2	—	35,6	—

Reihe VIII. A.

Nummer	Contacte	Contact-stellung	Wärme	1. Hubhöhe	2. Hubhöhe	Ausgangs-höhe
1	b	—	18,0	25,0	—	—
2	c	—	18,7	25,0	—	—
3	b+c	3,6°	22,2	—	28,0	—
4	„	13,0	30,3	—	35,0	—

Nummer	Contacte	Contact-stellung	Wärme	1. Hubhöhe	2. Hubhöhe	Ausgangs-höhe
5	c	—	23,2	34,0	—	—
6	b	—	23,0	33,0	—	—
7	b+c	13,0⁰	33,7	—	44,0	—
8	"	23,8	32,0	—	45,0	—
9	"	34,6	28,5	32,0	40,7	32,0
10	"	45,4	34,0	31,8	33,3	11,7
11	"	56,2	37,0	32,0	32,2	5,0
12	b	—	22,2	31,0	—	—
13	c	—	22,0	32,5	—	—
14	b+c	67,0	40,5	31,8	31,8	1,3
15	"	56,2	36,3	31,7	31,7	5,2
16	"	45,4	31,3	32,0	34,5	19,7
17	"	34,6	27,8	31,7	39,7	31,7
18	"	23,8	28,2	—	42,5	—
19	"	13,0	31,2	—	40,5	—
20	c	—	19,2	31,5	—	—
21	b	—	21,3	31,6	—	—
22	b+c	74,2	42,5	31,5	31,5	—
23	"	74,2	40,1	31,5	31,5	—
24	b	—	21,7	31,5	—	—
25	c	—	21,3	31,5	—	—

Nummer	Contacte	Contact-stellung	Wärme	1. Hubhöhe	2. Hubhöhe	Ausgangs-höhe
5	b+c	23,8⁰	27,7	—	35,0	—
6	"	34,6	25,5	26,0	29,7	24,7
7	"	45,4	28,8	26,2	26,3	17,0
8	"	56,2	32,3	26,7	23,0	3,0
9	"	67,0	32,2	26,5	21,7	0,8
10	c	—	22,3	26,0	—	—
11	b	—	21,7	26,5	—	—
12	b+c	67,0	34,5	26,7	24,3	1,2
13	"	56,2	30,2	26,3	22,7	2,5
14	"	45,4	27,7	26,3	27,0	16,7
15	"	40,0	29,0	25,8	27,7	19,3
16	"	34,6	26,7	25,7	32,7	25,3
17	"	23,8	25,8	—	34,0	—
18	"	13,0	29,5	—	33,0	—
19	"	3,6	23,5	—	28,0	—
20	b	—	20,7	26,0	—	—
21	c	—	20,5	26,0	—	—
22	b+c	29,2	26,0	25,0	33,0	—
23	"	40,0	23,[illegible]	25,3	26,7	21,3
24	"	40,0	27,2	25,3	27,0	19,0
25	"	29,2	24,5	—	33,0	—
26	c	—	19,3	25,0	—	—
27	b	—	18,2	25,0	—	—

Reihe VII. B.

Nummer	Contacte	Contact-stellung	Wärme	2. Hubhöhe	Ausgangs-höhe	A/W
1	b+c	3,6⁰	1,18	1,11	(0,08)	0,94
2	"	13,0	1,48	1,32	(0,48)	0,89
3	"	23,8	1,37	1,37	(0,88)	1,00
4	"	34,6	1,28	1,26	1,00	0,98
5	"	45,4	1,49	1,06	0,5	1,05
6	"	56,2	1,67	1,00	0,16	1,10
7	"	67,0	1,84	1,00	0,04	1,06
8	"	74,2	1,90	1,00	0,0	1,05

Reihe VIII. B.

Nummer	Contacte	Contact-stellung	Wärme	2. Hubhöhe	Ausgangs-höhe	A/W
1	b+c	3,6⁰	1,14	1,08	(0,08)	0,95
2	"	13,0	1,49	1,32	(0,46)	0,89
3	"	23,8	1,34	1,34	(0,87)	1,00
4	"	29,2	1,26	1,28	(0,99)	1,02
5	"	34,6	1,31	1,20	0,97	0,94
6	"	40,0	1,32	1,05	0,77	0,97
7	"	45,4	1,41	1,02	0,65	0,97
8	"	56,2	1,56	0,88	0.11	1,14
9	"	67,0	1,67	0,90	0,04	1,12

Die Resultate der Versuche mit 2 isotonischen summirten Zuckungen können wir uns übersichtich in folgender Weise vorführen. Wir fassen nahe zusammen liegende Ausgangshöhen aus allen Versuchsreihen in Gruppen zusammen und berechnen für jede Gruppe die Mittel für Ausgangshöhe, Wärme, 2. Hubhöhe, Arbeit

und Verhältniss von Arbeit zu Wärme. Die folgende Zusammenstellung giebt die Resultate einer solchen Berechnung.

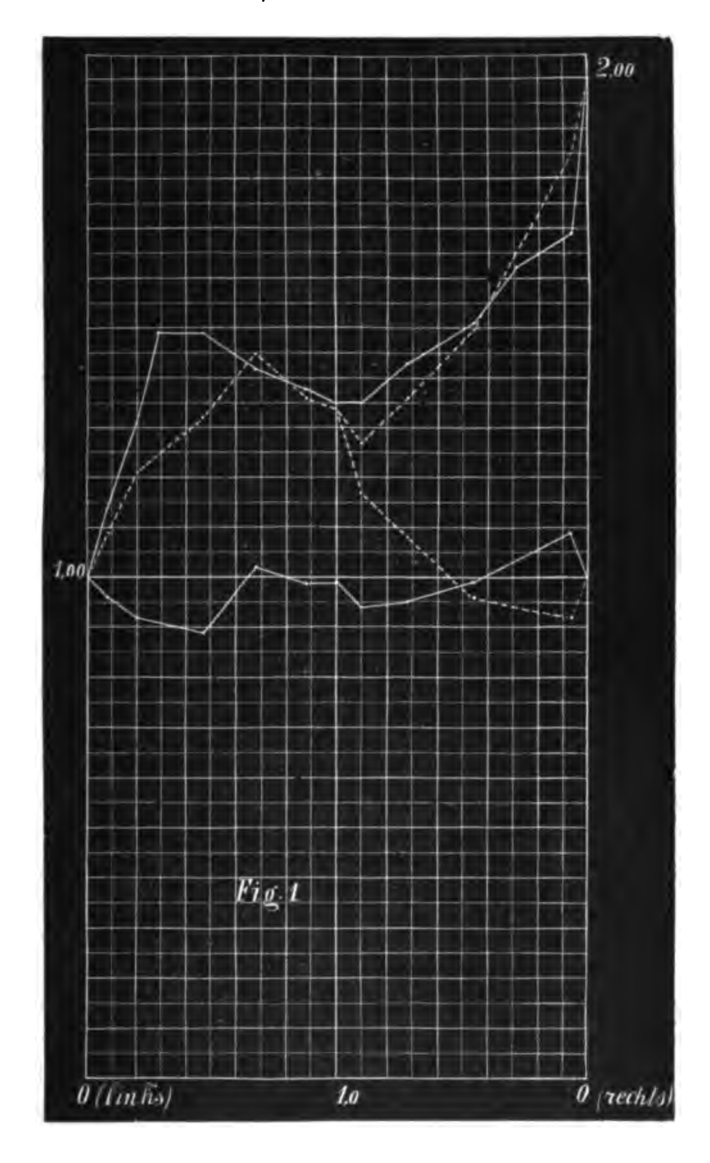
Schenkel der 1. Zuckungscurve	Aufsteigend							Absteigend				
Ausgangshöhe . . .	0,08	0,20	0,29	0,47	0,68	0,88	1,0	0,90	0,72	0,46	0,29	0,07
Wärme	1,14	1,31	1,49	1,49	1,42	1,38	1,35	1,35	1,43	1,51	1,62	1,69
Hubhöhe der 2. Zuckung	1,09	1,21	1,56(?)	1,32	1,45	1,36	1,34	1,17	1,08	0,96	0,77(?)	0,92
Arbeit	„	„	„	„	„	„	„	1,27	1,36	1,50	1,48	1,85
Verhältniss v. Arbeit zu Wärme .	0,96	0,92	1,04(?)	0,89	1,02	0,99	0,99	0,94	0,95	0,99	0,91(?)	1,09

Noch mehr veranschaulicht werden die Resultate, wenn wir uns aus diesen Zahlen Curven construiren in folgender Art. (Figur 1). Wir ziehen eine horizontale Gerade, deren Endpuncte wir mit 0 (links) und 0 (rechts) und deren Mittelpunkt wir mit 1 bezeichnen. Wir setzen die Hälfte dieser Linie gleich der Hubhöhe der Einzelzuckung (resp. Ausgangshöhe 1) und tragen die dafür umgerechneten Ausgangshöhen im aufsteigenden Schenkel von 0 (links) nach 1 zu ab, im absteigenden Schenkel von 0 (rechts) nach 1 hin. Von den so erhaltenen Abscissenpunkten tragen wir die zugehörigen Zahlen als Ordinaten ab und verbinden die zusammengehörigen Punkte durch Curven. Wir erhalten dann 4 Curven. Die oberste ausgezogene ist die für die Wärmemengen, die gestrichelten für 2. Hubhöhe und Arbeit; diese fallen für Ausgangshöhen im aufsteigenden Schenkel zusammen und sie trennen sich in der Mitte, von hier ab ist die obere für die Arbeit allein, die untere für die Hubhöhen. Die untere ausgezogene Curve giebt das Verhältniss von Arbeit zur Wärme an. Die Puncte für Hubhöhe, Arbeit und $\frac{A}{W}$ bei Ausgangshöhe 0,29 im aufsteigenden und 0,29 im absteigenden Schenkel sind bei der Construction der Curven ausgeschlossen. Dieselben bewirken einen so unregelmässigen Verlauf der Curven, dass wir sie als fehlerhaft ansehen zu müssen glauben.

Die Gesetze, die sich aus unseren Resultaten ableiten lassen, lauten: Die bei 2 isotonischen summirten Zuckungen gebildete Wärme ist immer kleiner als die doppelte Wärmemenge der Einzel-Zuckung.

Mit wachsendem Reizintervall nimmt die Wärmebildung zuerst zu bis zu einem relativen Maximum — das $1^1/_2$ fache der Einzel-

zuckung, das bei der Ausgangshöhe in der Mitte des aufsteigenden Schenkels erreicht wird, dann wieder ab bis zu einem relativen



Minimum — das $1^1/_3$ fache der Einzelzuckung — das dann erreicht wird, wenn die 2. Zuckung auf dem Gipfel der ersten ansetzt, und weiter wieder zu, bis bei völliger Tennung der beiden Zuckungen das Doppelte der Wärmebildung einer Einzelzuckung erreicht ist.

Ueber die 2. Hubhöhe haben wir dem bisher Bekannten nichts hinzuzufügen; dass die grösste Erhebung der 2. Zuckung dann erreicht wird, wenn sie nicht auf dem Gipfel, sondern etwa im letzten Drittel des aufsteigenden Schenkels der ersten anhebt, ist eine Bestätigung der Beobachtungen v. Frey's[1]).

Das Verhältniss von Arbeit zu Wärme, der Nutzeffect, ist etwa gerade so gross, wie bei der Einzelzuckung, wenn die 2. Zuckung sich im letzten Drittel des aufsteigenden Schenkels der ersten aufsetzt, dagegen kleiner bei der Ausgangshöhe in den beiden ersten Dritteln des aufsteigenden und in der ersten Hälfte des absteigenden Schenkels.

Auffallend ist, dass das Verhältniss von Arbeit zu Wärme, bei den kleinsten Ausgangshöhen im absteigenden Schenkel wieder grösser als 1 ist. Sollte das nicht durch irgend eine Zufälligkeit bedingt sein, so würden wir, wie wir hier schon vorbemerken wollen, darin den Ausdruck der Ermüdung des Muskels von der 1. Zuckung her sehen: Bei Ermüdung ist bekanntlich die Abnahme der Wärmebildung zuerst relativ grösser als die der Hubhöhe, daher kann das Verhältniss $\frac{A}{W}$ grösser werden.

Gruppe II: Summation von 3 isotonischen Zuckungen.

Die Bemerkungen zu Gruppe I gelten auch für die Tabelle der Gruppe II. Hinzuzufügen ist noch Folgendes: Die Ausgangshöhe für die 2. resp. 3. Zuckung wird kurz als 2. resp. 3. Ausgangshöhe bezeichnet.

In Tabelle B sind noch die Wärme-Werthe für die 3. Zuckung besonders angegeben, dieselben sind erhalten dadurch, dass die Werthe der Wärme für a+b von den zugehörigen für a+b+c abgezogen sind. Bei drei summirten Zuckungen findet sich unter der Rubrik Hubhöhe und Ausgangshöhe der Tabelle B nur die der 3. Zuckung. Die Schätzung der nicht auszumessenden Ausgangshöhen der 3. Zuckung ist unterlassen, weil die zugehörige Curve für a+b nicht immer den Verlauf einer typischen Zuckungscurve hatte. Da wo vor der Ausgangshöhe der 3. Zuckung das Zeichen ± steht, beginnt die 3. Zuckung auf dem Gipfel der 2. In Reihe IX fallen je 3 Zuckungen auf den Einzelversuch in allen anderen je 2.

---

1) Du Bois Archiv. 1888. S. 213.

Reihe IX. A.

Nummer	Contacte	Contact-stellung	Wärme	1. Hubhöhe	2. Hubhöhe	3. Hubhöhe	2. Ausgangs-höhe	3. Ausgangs-höhe
1	a	—	21,8	26,0	—	—	—	—
2	b	—	20,0	25,0	—	—	—	—
3	c	—	19,0	25,0	—	—	—	—
4	a+b	43,2°	26,5	24,3	30,7	—	22,7	—
5	a+b+c	„	33,2	25,0	31,0	24,7	22,3	15,7
6	a+b	29,7	26,5	—	34,0	—	—	—
7	a+b+c	„	28,8	—	35,0	33,7	—	33,0
8	a+b	36,4	26,2	—	33,0	—	—	—
9	a+b+c	„	29,5	—	33,7	26,7	—	24,3
10	a+b	18,0	26,5	—	33,0	—	—	—
11	a+b+c	„	30,3	—	—	38,0	—	—
12	a+b	„	25,7	—	32,0	—	—	—
13	a	—	17,5	24,0	—	—	—	—
14	b	—	19,5	24,0	—	—	—	—
15	c	—	17,8	24,0	—	—	—	—

Reihe IX. B.

Nummer	Contacte	Contact-stellung	Wärme	Wärme der 3. Zuckung	2. resp. 3. Hubhöhe	2. resp. 3. Ausgangs-höhe	$\frac{A}{W}$
1	a+b	18,0°	1,35	—	1,32	(0,75)	0,98
2	„	29,7	1,37	—	1,38	(0,91)	1,01
3	„	36,4	1,36	—	1,34	(1,0)	0,99
4	„	43,2	1,37	—	1,24	0,91	0,98
5	a+b+c	18,0°	1,57	0,22	1,54	—	0,98
6	„	29,7	1,49	0,12	1,36	1,34	0,94
7	„	36,4	1,53	0,17	1,08	1,00	0,93
8	„	43,2	1,72	0,35	1,00	0,64	0,98

Reihe X. A.

Nummer	Contacte	Contact-stellung	Wärme	1. Hubhöhe	2. Hubhöhe	3. Hubhöhe	2. Ausgangs-höhe	3. Ausgangs-höhe
1	a	—	21,3	29,0	—	—	—	—
2	b	—	21,0	29,0	—	—	—	—
3	c	—	22,5	32,0	—	—	—	—
4	a+b+c	43,2°	58,3	28,5	29,5	33,0	2,3	1,8
5	a+b	„	39,3	28,5	29,5	—	2,0	—
6	a+b	34,2	35,3	28,5	34,5	—	15,0	—
7	a+b+c	„	53,7	28,0	33,0	36,0	12,0	13,0
8	a+b	25,2	32,5	29,0	42,0	—	29,0	—
9	a+b+c	„	39,8	29,0	42,0	41,5	29,0	36,0
10	a+b	16,2	33,0	—	44,0	—	—	—
11	a+b+c	„	40,8	—	—	50,0	—	—
12	a	—	21,5	29,5	—	—	—	—
13	b	—	23,0	29,5	—	—	—	—
14	c	—	22,8	29,5	—	—	—	—[1])
15	a	—	25,0	29,0	—	—	—	—
16	b	—	24,5	32,0	—	—	—	—
17	c	—	24,0	30,0	—	—	—	—
18	a+b	20,7	34,3	—	44,0	—	—	—
19	a+b+c	„	40,3	—	44,0	46,0	—	44,0
20	a+b	29,7	33,8	29,5	37,0	—	28,0	—
21	a+b+c	„	43,8	30,0	40,0	37,0	28,0	21,5
22	a+b	38,7	36,5	29,5	34,0	—	13,5	—
23	a+b+c	„	56,0	29,5	32,5	33,5	8,3	5,5
24	c	—	22,0	31,0	—	—	—	—
25	b	—	23,5	31,0	—	—	—	—
26	a	—	22,0	30,0	—	—	—	—

Reihe X. B.

Nummer	Contacte	Contact-stellung	Wärme	Wärme der 3. Zuckung	2. resp. 3. Hubhöhe	2. resp. 3. Ausgangs-höhe	$\frac{A}{W}$
1	a+b	16,2°	1,45	—	1,49	(0,72)	1,02
2	„	20,7	1,50	—	1,49	(0,90)	1,00
3	„	25,2	1,43	—	1,42	1,0*	1,00
4	„	29,7	1,48	—	1,30	0,95	0,91
5	„	34,2	1,55	—	1,14	0,46	1,08
6	„	38,7	1,60	—	1,12	0,37	1,09
7	„	43,2	1,72	—	1,03*	0,07	1,14
8	a+b+c	16,2°	1,79	0,34	1,70	—	0,95
9	„	20,7	1,77	0,27	1,56	± 1,49	0,88
10	„	25,2	1,75	0,32	1,40	1,22	0,91
11	„	29,7	1,92	0,44	1,25	0,73	0,97
12	„	34,2	2,36	0,81	1,22	0,44	1,04
13	„	38,7	2,46	0,86	1,13	0,19	1,10
14	„	43,2	2,56	0,84	1,12	0,06	1,18

1) Zwischen Versuch 14 und 15 lag eine Pause von etwa 10 Minuten.

Reihe XI. A.

Nummer	Contacte	Contactstellung	Wärme	1. Hubhöhe	2. Hubhöhe	3. Hubhöhe	2. Ausgangshöhe	3. Ausgangshöhe
1	a	—	20,3	33,0	—	—	—	—
2	b	—	19,5	35,0	—	—	—	—
3	c	—	18,3	34,0	—	—	—	—
4	a+b	43,2°	33,8	33,5	39,5	—	15,0	—
5	a+b+c	„	49,8	34,3	38,0	37,5	10,0	8,0
6	a+b	34.2	30,0	33,8	45,5	—	30,0	—
7	a+b+c	„	42,5	35,0	45,0	41,0	29,0	19,0
8	a+b	25.2	29,5	35,0	50,0	—	35,0	—
9	a+b+c	„	36,0	35,0	50,5	49,5	35,0	45,5
10	a+b	16,2	34,5	—	50,0	—	—	—
11	a+b+c	„	38,8	—	—	56,0	—	—
12	c	—	22,3	35,5	—	—	—	—
13	b	—	22,3	36,0	—	—	—	—
14	a	—	23,0	36,0	—	—	—	—
15	a+b	20,7	33,8	—	49,0	—	—	—
16	a+b+c	„	38,0	—	49,5	53,0	—	49,5
17	a+b	29,7	29,5	34,5	47,5	—	34,5	—
18	a+b+c	„	37,8	35,0	49,0	45,5	35,0	38,5
19	a+b	38,7	30,5	35,5	45,0	—	30,5	—
20	a+b+c	„	41,5	35,5	44,5	41,0	31,0	22,0
21	a	—	20,8	35.5	—	—	—	—
22	b	—	21,8	35,5	—	—	—	—
23	c	—	21,3	35,5	—	—	—	—
24	a+b+c	a–b : 27,0 b—c : 21,6	36,8	—	47,5	50,5	—	47,5
25	a+b	27,0	30,0	—	47,7	—	—	—
26	a+b	„	29,0	—	48,0	—	—	—
27	a+b+c	a—b : 27,0 b—c : 20,7	34,8	—	47,5	48,0	—	47,5
28	a+b+c	a—b : 34,2 b—c : 25,2	37,8	34,5	44,0	45,5	33,0	40,5
29	c	—	20,8	35,0	—	—	—	—
30	b	—	22,5	35,0	—	—	—	—
31	a	—	21,8	35,0	—	—	—	—

Reihe XI. B.

Nummer	Contacte	Contactstellung	Wärme	Wärme der 3. Zuckung	2. resp. 3. Hubhöhe	2. resp. 3. Ausgangshöhe	$\frac{A}{W}$
1	a+b	16,2°	1,63	—	1,43	(0,72)	0,88
2	„	20,7	1,59	—	1,40	(0,9)	0,88
3	„	25,2	1,39	—	1,44	1,0	1,04
4	„	27,0	1,39	—	1,37	1,0	0,98
5	„	29,7	1,39	—	1,38	1,0	0,98

Nummer	Contacte	Contactstellung	Wärme	Wärme der 3. Zuckung	2. resp. 3. Hubhöhe	2. resp. 3. Ausgangshöhe	A/W
6	a+b	34,2°	1,41	—	1,28	0,86	1,00
7	"	38,7	1,44	—	1,29	0,87	0,99
8	"	43,2	1,59	—	1,11	0,37	1,09
9	a+b+c	16,2	1,83	0,20	1,60	—	0,87
10	"	20,7	1,79	0,20	1,52	±1,40	0,85
11	"	25,2	1,69	0,30	1,42	1,30	0,92
12	"	a—b : 27,0 b—c : 20,7	1,64	0,25	1,37	±1,34	0,83
13	"	a—b : 27,0 b—c : 21,6	1,73	0,34	1,44	±1,34	0,83
14	"	29,7	1,78	0,39	1,30	1,10	0,89
15	"	a—b : 34,2 b—c : 25,2	1,78	0,37	1,30	1,16	0,88
16	"	34,2	2,00	0,59	1,17	0,54	1,01
17	"	38,7	1,96	0,52	1,17	0,63	1,00
18	"	43,2	2,35	0,76	1,07	0,23	1,10

Reihe XII. A.

Nummer	Contacte	Contactstellung	Wärme	1. Hubhöhe	2. Hubhöhe	3. Hubhöhe	2. Ausgangshöhe	3. Ausgangshöhe
1	a	—	13,5	27,0	—	—	—	—
2	b	—	14,8	27,0	—	—	—	—
3	c	—	14,8	27,0	—	—	—	—
4	a+b	24,3°	22,5	—	40,5	—	—	—
5	a+b+c	"	28,0	—	40,3	39,3	—	36,0
6	a+b	"	21,5	—	40,5	—	—	—
7	a+b+c	"	28,0	—	40,5	39,8	—	36,5
8	a+b	37,8	24,0	28,0	35,0	—	15,5	—
9	a+b+c	"	32,3	28,0	36,0	30,5	22,5	12,5
10	a+b	51,5	25,8	28,0	28,5	—	2,0	—
11	a+b+c	"	40,0	28,0	29,0	26,0	1,8	0
12	c	—	13,0	28,0	—	—	—	—
13	b	—	13,3	28,0	—	—	—	—
14	a	—	13,5	28,0	—	—	—	—
15	a	—	14,0	28,0	—	—	—	—
16	a+b	34,2	20,0	28,0	37,0	—	25,0	—
17	a+b+c	"	28,8	27,5	37,0	30,0	24,5	14,0
18	a+b	25,2	19,5	—	41,0	—	—	—
19	a+b+c	"	23,0	—	41,0	34 ?	—	33 ?
20	a+b	16,2	20,8	—	39,5	—	—	—
21	a+b+c	"	24,5	—	—	44,0	—	—

NB. Bei den mit Fragezeichen versehenen Versuchen ergab die Curve dass der dritte Contact zuweilen versagt hatte.

Nummer	Contacte	Contactstellung	Wärme	1. Hubhöhe	2. Hubhöhe	3. Hubhöhe	2. Ausgangshöhe	3. Ausgangshöhe
22	a	—	13,5	28,0	—	—	—	—
23	b	—	14,3	28,0	—	—	—	—
24	c	—	14,5	28,0	—	—	—	—
25	a+b+c	a—b : 25,2⁰ b—c : 16,2	24,8	—	—	43,0	—	—
26	a+b	25,2	20,3	—	41,0	—	—	—
27	a+b+c	a—b : 25,2 b—c : 20,7	25,0	—	40,5	35,5	—	34,0
28	„	25,2	22,0	—	41,0	?	—	?
29	„	„	23,3	—	41,0	35 ?	—	27 ?
30	a+b	16,2	19,8	—	40,5	—	—	—
31	a+b+c	„	24,0	—	—	44,5	—	—

Reihe XII. B.

Nummer	Contacte	Contactstellung	Wärme	Wärme der 3. Zuckung	2. resp. 3. Hubhöhe	2. resp. 3. Ausgangshöhe	A/W
1	a+b	16,2⁰	1,46	—	1,44	(0,72)	0,99
2	„	24,3	1,58	—	1,46	(0,99)	0,92
3	„	25,2	1,43	—	1,47	1,0	1,03
4	„	34,2	1,44	—	1,33	0,89	1,00
5	„	37,8	1,72	—	1,28	0,70	0,92
6	„	51,5	1,86	—	1,04	0,07	1,06
7	a+b+c	16,2	1,75	0,29	1,60	±1,47	0,91
8	„	24,3	2,01	0,43	1,42	1,31	0,78
9	„	a—b : 25,2 b—c : 16,2	1,78	0,35	1,55	±1,47	0,87
10	„	a—b : 25,2 b—c : 20,7	1,80	0,37	1,28	1,22	0,85
11	„	25,2	1,65	0,22	?	1,08?	?
12	„	34,2	2,07	0,63	1,08	0,50	0,97
13	„	37,8	2,32	0,60	1,09	0,45	0,96
14	„	51,5	2,88	1,02	0,93	—	1,00

NB. Bei den mit Fragezeichen versehenen Versuchen ergab die Curve, dass der dritte Contact zuweilen versagt hatte.

Reihe XIII. A.

Nummer	Contacte	Contact-stellung	Wärme	1. Hubhöhe	2. Hubhöhe	3. Hubhöhe	2. Ausgangs-höhe	3. Ausgangs-höhe
1	a	—	21,5	29,5	—	—	—	—
2	b	—	22,5	30,0	—	—	—	—
3	c	—	22,5	29,5	—	—	—	—
4	a+b	16,2°	37,8	—	43,0	—	—	—
5	a+b+c	„	44,8	—	43,0	46,0	—	43,0
6	a+b	„	35,5	—	42,0	—	—	—
7	„	25,2	36,5	30,0	40,0	—	30,0	—
8	a+b+c	„	44,5	29,5	40,5	37,5	29,5	32,5
9	a+b	34,2	38,5	30,0	35,5	—	19,5	—
10	a+b+c	„	50,5	30,5	35,5	33,0	20,5	16,0
11	a+b	43,2	42,5	29,5	33,0	—	4,0	—
12	a+b+c	„	63,8	30,8	31,5	30,5	2,0	1,0
13	c	—	21,3	30,0	—	—	—	—
14	b	—	21,8	31,0	—	—	—	—
15	a	—	22,0	31,0	—	—	—	—
16	a+b+c	16,2	41,3	—	—	45,0	—	—
17	a+b	„	30,8	—	40,0	—	—	—
18	a+b+c	„	40,3	—	—	44,0	—	—
19	a+b	„	32,5	—	40,0	—	—	—
20	a	—	20,8	30,0	—	—	—	—
21	a+b	25,2	31,5	30,0	39,0	—	30,0	—

Reihe XIII. B.

Nummer	Contacte	Contact-stellung	Wärme	Wärme der 3. Zuckung	2. resp. 3. Hubhöhe	2. resp. 3. Ausgangs-höhe	A/W
1	a+b	16,2°	1,68	—	1,41	(0,72)	0,85
2	„	25,2	1,67	—	1,34	1,00	0,80
3	„	34,2	1,76	—	1,18	0,66	0,86
4	„	43,2	1,94	—	1,07	0,10	1,02
5	a+b+c	16,2	2,05	0,37	1,53	± 1,43	0,75
6	„	25,2	2,03	0,36	1,25	1,08	0,74
7	„	34,2	2,31	0,55	1,10	0,53	0,90
8	„	43,2	2,91	0,97	1,01	0,03	1,02

Die Versuche mussten abgebrochen werden, weil die Regulation eine Störung erlitt. Versuch 16—21 sind daher bei der Berechnung nicht berücksichtigt.

Reihe XIV. A.

Nummer	Contacte	Contact-stellung	Wärme	1. Hubhöhe	2. Hubhöhe	3. Hubhöhe	2. Ausgangs-höhe	3. Ausgangs-höhe
1	a	—	18,8	27,0	—	—	—	—
2	b	—	21,3	29,0	—	—	—	—
3	c	—	19,8	29,0	—	—	—	—
4	a+b	16,2°	30,8	—	38,0	—	—	—
5	a+b+c	„	36,0	—	—	43,0	—	—
6	a+b	25,2	27,8	—	37,5	—	—	—
7	a+b+c	„	35,3	—	38,0	38,0	—	35,5
8	a+b	34,2	29,8	28,3	35,0	—	25,5	—
9	a+b+c	„	35,8	27,3	34,5	32,0	25,5	31,3
10	a+b	43,5	31,8	27,5	32,0	—	13,5	—
11	a+b+c	„	39,8	27,5	31,5	30,0	15,0	15,0
12	c	—	17,3	28,0	—	—	—	—
13	b	—	18,3	28,0	—	—	—	—
14	a	—	18,5	27,0	—	—	—	—
15	a+b+c	a—b : 25,2° b—c : 16,2	30,8	27,0	35,5	39,5	27,0	35,5
16	a+b	25,2	25,5	27,0	35,5	—	—	—
17	a+b+c	a—b : 25,2 b—c : 16,2	29,0	27,0	35,5	39,0	27,0	35,5
18	a	—	16,0	27,0	—	—	—	—
19	b	—	17,5	27,0	—	—	—	—
20	c	—	17,0	27,0	—	—	—	—

Reihe XIV. B.

Nummer	Contacte	Contact-stellung	Wärme	Wärme der 3. Zuckung	2. resp. 3. Hubhöhe	2. resp. 3. Ausgangs-höhe	$\frac{A}{W}$
1	a+b	16,2°	1,62	—	1,36	(0,72)	0,84
2	„	25,2	1,47	—	1,33	1	0,90
3	„	34,2	1,57	—	1,24	0,91	0,85
4	„	43,5	1,67	—	1,14	0,51	0,98
5	a+b+c	16,2	1,90	0,28	1,54	± 1,36	0,81
6	„	a—b : 25,2 b—c : 16,2	1,72	0,25	1,44	± 1,33	0,84
7	„	25,2	1,86	0,39	1,36	1,27	0,76
8	„	34,2	1,88	0,31	1,14	1,12	0,72
9	„	43,5	2,10	0,43	1,08	0,54	1,03

Reihe XV. A.

Nummer	Contacte	Contact-stellung	Wärme	1. Hubhöhe	2. Hubhöhe	3. Hubhöhe	2. Ausgangs-höhe	3. Ausgangs-höhe
1	a	—	20,8	34,0	—	—	—	—
2	b	—	21,8	34,0	—	—	—	—
3	c	—	23,5	35,0	—	—	—	—
4	c	—	22,5	35,0	—	—	—	—
5	a+b	16,2°	37,5	—	49,0	—	—	—
6	a+b+c	a—b : 16,2° b—c : 3,6	40,5	—	—	50,0	—	—
7	„	a—b : 16,2 b—c : 10,8	38,0	—	—	55,0	—	—
8	a+b	16,2	33,0	—	48,0	—	—	—
9	a+b+c	a—b:16,2° { b—c:25,2	36,5	—	47,5	47,0	—	43,0
10	„	„ 18,0	37,3	—	47,0	51,5	—	47,0
11	„	„ 32,4	39,8	—	47,0	40,0	—	26,0
12	a+b	16,2	37,3	—	47,0	—	—	—
13	„	„	33,3	—	46,5	—	—	—
14	„	„	34,0	—	46,5	—	—	—
15	a+b+c	a—b : 16,2° { b—c : 32,4	39,8	—	46.0	30,0	—	27,5
16	„	„ 25,2	37,8	—	44,5	41,0	—	37,5
17	„	„ 18,0	35,3	—	42,0	47,5	—	42,0
18	„	„ 10,8	35,5	—	—	49,0	—	—
19	„	„ 3,6	32,0	—	—	45,0	—	—
20	„	„ 3,6	33,0	—	—	44,5	—	—
21	a+b	16,2	28,3	—	42,0	—	—	—
22	„	16,2	29,0	—	41,0	—	—	—
23	a	—	17,3	30,0	—	—	—	—
24	b	—	16,0	30,0	—	—	—	—
25	c	—	15,8	28,0	—	—	—	—

Reihe XV. B.

Nummer	Contacte	Contactstellung	Wärme	Wärme der 3. Zuckung	2. resp. 3. Hubhöhe	2. resp. 3. Ausgangshöhe	A / W
1	a+b	$16,2^{0}$	1,72	—	1,43	(0,73)	0,83
2	a+b+c	a—b: $16,2^{0}$ { b—c: 3,6	1,89	0,17	1,50	—	0,80
3	„	„ 10,8	1,91	0,19	1,63	—	0,85
4	„	„ 18,0	1,88	0,16	1,55	+1,43	0,82
5	„	„ 25,2	1,93	0,21	1,38	1,26	0,80
6	„	„ 32,4	2,06	0,34	1,10	0,84	0,82

Reihe XVI. A.

Nummer	Contacte	Contactstellung	Wärme	1. Hubhöhe	2. Hubhöhe	3. Hubhöhe	2. Ausgangshöhe	3. Ausgangshöhe
1	a	—	15,8	32,0	—	—	—	—
2	b	—	16,8	33,0	—	—	—	—
3	c	—	16,5	33,5	—	—	—	—
4	a+b	$18,0^{0}$	22,3	—	46,0	—	—	—
5	a+b+c	a—b: $18,0^{0}$ { b—c: $9,0^{0}$	32,3	—	—	53,0	—	—
6	„	„ 18,0	26,5	—	—	53,0	—	—
7	„	„ 27,0	32,3	—	47,5	46,5	—	41,0
8	a+b	18,0	23,5	—	46,5	—	—	—
9	a+b+c	a—b: $18,0^{0}$ { b—c: 27,0	29,0	—	47,5	45,0	—	40,0
10	„	„ 18,0	26,3	—	46,0	52,0	—	46,0
11	„	„ 9,0	27,3	—	—	52,0	—	—
12	a+b	18,0	20,3	—	44,5	—	—	—
13	a+b+c	a—b: 18,0 b—c: 3,6	22,0	—	—	—	—	—
14	c	—	14,3	33,0	—	—	—	—
15	b	—	11,5	32,0	—	—	—	—
16	a	—	10,0	32,0	—	—	—	—
17	a+b	27,0	21,0	—	45,0	—	—	—
18	a+b+c	a—b: $27,0^{0}$ { b—c: 9,0	23,5	—	—	50,0	—	—
19	„	„ 18,0	23,3	—	45,0	48,5	—	45,0
20	„	„ 27,0	22,8	—	45,0	42,0	—	37,0
21	„	„ 32,4	27,5	—	45,0	37,0	—	25,5
22	a+b	27,0	19,3	—	44,5	—	33,0	—
23	a	—	12,8	} 33,0	—	—	—	—
24	b	—	13,3		—	—	—	—
25	c	—	14,8		—	—	—	—
26	a+b	27,0	18,3	—	44,0	—	33,0	—
27	a+b+c	a—b: $27,0^{0}$ { b—c: 32,4	25,8	—	44,0	36,0	—	22,5
28	„	„ 27,0	20,0	—	43,5	42,5	—	39,5
29	„	„ 18,0	19,5	—	42,5	47,5	—	42,5
30	„	„ 9,0	18,3	—	—	47,3	—	—
31	a+b	27,0	15,2	—	43,0	—	—	—

Reihe XVI. B.

Nummer	Contacte	Contactstellung	Wärme	Wärme der 3. Zuckung	2. resp. 3. Hubhöhe	2. resp. 3. Ausgangshöhe	$\frac{A}{W}$
1	a+b	18,0°	1,56	—	1,42	(0,75)	0,91
2	a+b+c	a—b: 18,0 { b—c: 3,6	1,68	0,12	1,46	—	0,87
3	„	„ 9,0	2,10	0,54	1,61	—	0,77
4	„	„ 18,0	1,86	0,30	1,61	±1,42	0,86
5	„	„ 27,0	2,16	0,60	1,40	1,23	0,74
6	a+b	27,0	1,36	—	1,34	1,	0,99
7	a+b+c	a—b: 27,0 { b—c: 9,0	1,54	0,18	1,48	—	0,96
8	„	„ 18,0	1,57	0,21	1,46	±1,34	0,93
9	„	„ 27,0	1,57	0,21	1,28	1,17	0,92
10	„	„ 32,4	1,96	0,60	1,10	0,73	0,87

Die Versuche der Summation von drei isotonischen Zuckungen ergeben:

Die Wärmemenge für die dritte Zuckung ist im Allgemeinen noch kleiner, als die für die zweite.

Die Wärmebildung zeigt eine ähnliche Abhängigkeit von der Ausgangshöhe, wie bei 2 Zuckungen.

Das relative Maximum zeigt sich in Tabelle B der Reihe IX Nr. 5; X Nr. 8; XIII Nr. 5; XIV Nr. 5; XV Nr. 3; XVI Nr. 3.

Das relative Minimum ist im Allgemeinen auch da erhalten, wenn die 3. Zuckung auf dem Gipfel der zweiten beginnt. Die Gipfelzeit der 2. summirten Zuckung ist gegen die der zweiten einfachen bekanntlich verfrüht [1]). Wenn a und b so stehen, dass die zweite Zuckung auf dem Gipfel der ersten anfängt — dass also für b die geringste Wärmemenge erhalten wird, und c gerade so weit von b, wie b von a, so dürfen wir dann nicht das Minimum der Wärmemenge für die dritte Zuckung erwarten, weil sie in Folge der Verfrühung der Gipfelzeit der 2. erst im absteigenden Schenkel der 2. beginnt. Man muss dann c näher an b stellen, so viel wie der Verfrühung der Gipfelzeit entspricht, um die geringste Wärmemenge zu erhalten.

In der That zeigt sich, dass bei gleicher Contactstellung für a—b und b—c das Minimum für die dritte Zuckung bei kleinerer

1) von Kries, Du Bois' Archiv 1888.

Entfernung der Contacte, als für die zweite erhalten wird. Man bekommt die geringste Wärmemenge dann, wenn man die Entfernung von a bis b grösser als die von b bis c macht, so dass die Summation immer auf dem Gipfel erfolgt.

Zum Beispiel erhalten wir:

In Reihe XI. Minimum f. d. 2. Zuckung b. Stellung 25,2—29,7° (Nr 3 bis 5)
„ „ „ 3. „ „ „ 16,2—20,7° (Nr. 9, 10)
die geringste Wärmemenge bei: a — b 27,0° u. b — c 20,7° (Nr. 12).

In Reihe XIV. Minimum f. d. 2. Zuckung bei Stellung 25,2° (Nr. 2)
„ „ „ 3. „ „ „ 16,2° (Nr. 5)
die geringste Wärmemenge bei Stellung a — b: 25,2° b — c: 16,2° (Nr. 6).

Im Allgemeinen lässt sich sagen, dass die Versuche mit Summation dreier Zuckungen das ergeben haben, was nach den Resultaten der Versuche mit zweien zu erwarten war.

Auch die Zahlen für den Nutzeffect zeigen in dieser Gruppe eine ähnliche Abhängigkeit von der Ausgangshöhe, sowohl bei Summation von zwei als von drei Zuckungen, wie in den Versuchen der Gruppe I. In der Mehrzahl der Fälle zeigt sich ein relatives Maximum, das erhalten wird, wenn die Summationen ungefähr auf den Gipfeln erfolgen.

Gruppe III. Summation von 2 isometrischen Zuckungen.

Die Bezeichnungen entsprechen ganz denen in Gruppe I, nur dass hier statt Hubhöhen und Arbeit die entsprechenden grössten Spannungen, in mm der Curve des Spannungszeichners gemessen, angegeben werden.

Die Ermüdung machte sich hier stärker geltend und wurde daher bei der Berechnung der Mittelzahlen in üblicher Weise berücksichtigt, d. h. es wurde eine Zahl von Versuchen zunächst hinter einander angestellt und dann genau in umgekehrter Weise wiederholt, und die aus den gleichartigen Versuchen einer solchen Reihe berechneten Mittel mit einander verglichen.

In Reihe XVII bis XXI fallen je 2 Zuckungen auf einen Einzelversuch, in Reihe XXII je 1.

Reihe XVII. A.

Nummer	Contacte	Contactstellung	Wärme	1. Spannung	2. Spannung	Ausgangshöhe
1	b	—	29,8	16,0	—	—
2	c	—	31,3	16,0	—	—
3	b+c	3,6°	39,8	—	19,0	—
4	"	10,8	50,0	—	22,0	—
5	"	18,0	50,8	—	21,5	—
6	"	25,2	51,5	14,5	19,5	14,5
7	"	32,4	49,3	14,0	17,0	13,0
8	"	39,6	47,8	13,5	14,5	9,5
9	"	46,8	48,8	13,3	12,0	6,0
10	"	54,0	48,5	12,0	11,0	3,5
11	"	61,2	47,3	12,0	11,0	2,5
12	c	—	24,3	12,0	—	—
13	b	—	23,5	12,0	—	—
14	b+c	61,2	43,3	11,5	9,0	2,0
15	"	54,0	40,5	11,3	10,0	4,0
16	"	46,8	36,8	11,3	11,3	8,0
17	"	39,6	35,3	10,3	11,7	9,0
18	"	32,4	35,0	10,3	13,0	10,3
19	"	25,2	33,8	10,0	13,5	10,0
20	"	18,0	32,8	—	14,3	—
21	"	10,8	32,0	—	14,0	—
22	"	3,6	22,5	—	10,3	—
23	b	—	18,8	9,3	—	—
24	c	—	16,5	8,5	—	—

Reihe XVIII. A.

Nummer	Contacte	Contactstellung	Wärme	1. Spannung	2. Spannung	Ausgangshöhe
1	b	—	45,8	12,7	—	—
2	c	—	47,2	13,0	—	—
3	b+c	3,6°	59,3	—	15,0	—
4	"	10,8	66,3	—	15,5	—
5	"	18,0	73,5	—	15,5	—
6	"	25,2	71,8	11,5	15,0	11,5
7	"	39,6	71,8	11,3	11,3	3,5
8	"	32,4	69,8	11,0	12,0	8,0
9	"	54,0	76,3	11,0	11,0	0,5
10	c	—	34,8	}10,5	—	—
11	b	—	35,5		—	—
12	b+c	54,0	68,3	10,0	9,0	0,5
13	"	32,4	59,3	9,5	10,5	8,0
14	"	39,6	57,5	9,5	9,5	4,5
15	"	25,2	52,0	9,0	11,0	9,0
16	"	18,0	44,5	—	11,5	—
17	"	10,8	41,8	—	11,5	—
18	"	3,6	34,0	—	10,0	—
19	b	—	25,5	7,5	—	—
20	c	—	26,8	7,8	—	—

Reihe XVII. B.

Nummer	Contacte	Contactstellung	Wärme	2. Spannung	Ausgangshöhe	Sp. / W
1	b+c	3,6°	1,30	1,21	(0,12)	0,93
2	"	10,8	1,71	1,49	(0,48)	0,87
3	"	18,0	1,74	1,48	(0,80)	0,85
4	"	25,2	1,78	1,36	1,0	0,74
5	"	32,4	1,76	1,24	0,97	0,72
6	"	39,6	1,73	1,08	0,77	0,76
7	"	46,8	1,78	0,97	0,58	0,78
8	"	54,0	1,85	0,87	0,31	0,84
9	"	61,2	1,89	0,83	0,19	0,87

Reihe XVIII. B.

Nummer	Contacte	Contactstellung	Wärme	2. Spannung	Ausgangshöhe	Sp. / W
1	b+c	3,6°	1,30	1,21	(0,12)	0,93
2	"	10,8	1,51	1,31	(0,48)	0,87
3	"	18,0	1,64	1,31	(0,80)	0,80
4	"	25,2	1,72	1,26	1,0	0,73
5	"	32,4	1,80	1,10	0,78	0,73
6	"	39,6	1,80	1,01	0,39	0,90
7	"	54,0	2,01	0,97	0,05	0,96

Reihe XIX A.

Nummer	Contacte	Contact-stellung	Wärme	1. Spannung	2. Spannung	Ausgangs-höhe
1	b+c	3,6°	55,3	—	13,0	—
2	„	14,4	63,8	—	15,0	—
3	„	25,2	75,5	9,0	13,0	9,0
4	„	39,6	69,0	9,8	9,5	4,0
5	„	54,0	66,8	9,5	8,5	0,5
6	b	—	35,3		—	—
7	c	—	31,8	8,5	—	—
8	b	—	33,5		—	—
9	b+c	54,0	64,3	8,5	8,0	0,5
10	„	39,6	55,3	8,0	8,2	2,5
11	„	25,2	54,0	7,5	10,0	7,5
12	„	14,4	50,5	—	11,0	—
13	„	3,6	38,5	—	9,5	—

Reihe XX. A.

Nummer	Contacte	Contact-stellung	Wärme	1. Spannung	2. Spannung	Ausgangs-höhe
1	b	—	49,0	18,5	—	—
2	c	—	48,3	17,5	—	—
3	b+c	46,8°	100,0	16,8	16,8	5,8
4	„	36,0	90,8	16,0	18,0	12,0
5	„	25,2	81,8	15,0	20,5	15,0
6	„	18,0	73,8	—	20,0	—
7	„	10,8	68,0	—	19,0	—
8	„	3,6	49,5	—	15,8	—
9	„	10,8	65,8	—	18,0	—
10	„	18,0	66,0	—	17,5	—
11	„	25,2	69,8	12,0	16,5	12,0
12	„	36,0	72,3	11,8	12,5	7,8
13	„	46,8	73,3	11,5	10,5	2,5
14	c	—	33,5	10,0	—	—
15	b	—	34,3	10,5	—	—

Reihe XIX. B.

Nummer	Contacte	Contact-stellung	Wärme	2. Spannung	Ausgangs-höhe	Sp./W
1	b+c	3,6°	1,40	1,31	(0,12)	0,94
2	„	14,4	1,71	1,51	(0,64)	0,88
3	„	25,2	1,93	1,34	1,0	0,75
4	„	39,6	1,86	1,03	0,38	0,89
5	„	54,0	1,93	0,97	0,06	0,99

Reihe XX. B.

Nummer	Contacte	Contact-stellung	Wärme	2. Spannung	Ausgangs-höhe	Sp./W
1	b+c	3,6°	1,20	1,13	(0,12)	0,94
2	„	10,8	1,62	1,32	(0,48)	0,81
3	„	18,0	1,69	1,34	(0,80)	0,79
4	„	25,2	1,84	1,32	1,0	0,72
5	„	36,0	1,97	1,09	0,71	0,70
6	„	46,8	2,10	0,98	0,3	0,80

Reihe XXI. A.

Nummer	Contacte	Contact-stellung	Wärme	1. Spannung	2. Spannung	Ausgangs-höhe
1	b	—	46,3	9,0	—	—
2	c	—	46,5	9,0	—	—
3	b+c	46,8°	83,0	8,5	9,0	4,5
4	„	36,0	78,3	7,0	10,0	6,5
5	„	25,2	69,3	7,0	11,0	7,0
6	„	14,4	52,3	—	10,0	—
7	„	3,6	42,8	—	8,0	—

Reihe XXII. A.

Nummer	Contacte	Contact-stellung	Wärme	1. Spannung	2. Spannung	Ausgangs-höhe
1	b	—	24,0	7,5	—	—
2	b+c	10,8°	37,5	—	11,5	—
3	„	14,4	39,8	—	11,5	—
4	„	18,0	43,0	—	11,0	—
5	„	25,2	40,5	7,0	10,5	7,0
6	„	36,0	38,3	6,8	7,0	5,5
7	„	25,2	33,5	6,5	9,5	6,5

Nummer	Contacte	Contactstellung	Wärme	1. Spannung	2. Spannung	Ausgangshöhe
8	b+c	14,4°	59,3	—	9,5	—
9	„	25,2	59,5	6,5	9,5	6,5
10	„	36,0	59,8	6,3	8,0	6,0
11	„	46,8	66,8	6,5	7,0	3,0
12	c	—	31,3	6,0	—	—
13	b	—	34,5	6,0	—	—

Nummer	Contacte	Contactstellung	Wärme	1. Spannung	2. Spannung	Ausgangshöhe
8	b+c	18,0°	33,5	—	9,5	—
9	„	14,4	34,5	—	8,0	—
10	„	10,8	30,5	—	8,0	—
11	b	—	19,0	5,0	—	—

Reihe XXI. B.

Nummer	Contacte	Contactstellung	Wärme	2. Spannung	Ausgangshöhe	Sp. W
1	b+c	3,6°	1,08	1,11	(0,12)	1,03
2	„	14,4	1,41	1,25	(0,64)	0,89
3	„	25,2	1,62	1,43	1,0	0,88
4	„	36,0	1,74	1,36	0,88	0,85
5	„	46,8	1,89	1,11	0,53	0,83

Reihe XXII. B.

Nummer	Contacte	Contactstellung	Wärme	2. Spannung	Ausgangshöhe	Sp. W
1	b+c	10,8°	1,58	1,49	(0,48)	0,95
2	„	14,4	1,73	1,49	(0,64)	0,86
3	„	18,0	1,78	1,56	(0,80)	0,88
4	„	25,2	1,72	1,47	1,0	0,85
5	„	36,0	1,78	1,03	0,81	0,69

Wir können die Resultate der Versuche mit zwei isometrischen Zukungen ebenso zusammenstellen wie die der Gruppe I:

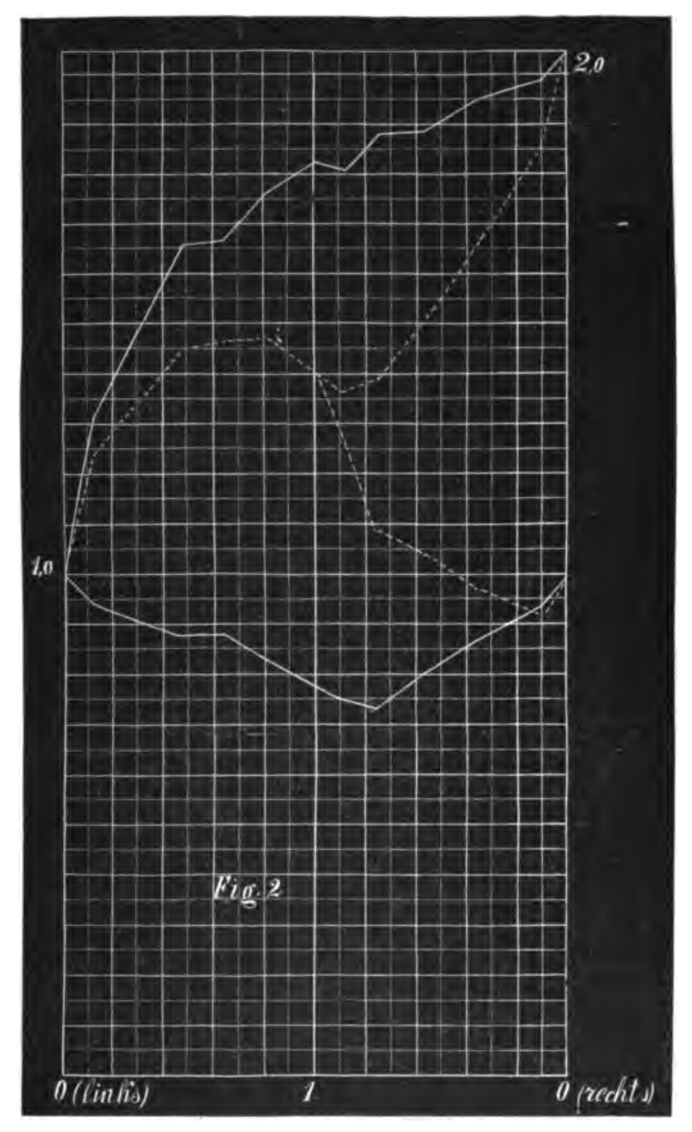
Schenkel der 1. Zuckungscurve	Aufsteigend					Absteigend				
Ausgangshöhe	0,12	0,48	0,64	0,80	1,0	0,89	0,75	0,56	0,35	0,10
Wärme	1,26	1,61	1,62	1,71	1,77	1,76	1,83	1,84	1,90	1,94
Spannung der 2. Zuckung	1,19	1,40	1,42	1,42	1,36	1,21	1,09	1,04	0,97	0,92
Grösste Spannung (aus beiden Zuckungen	„	„	„	„	„	1,32	1,34	1,48	1,62	1,82
Verhältniss von Spannung zu Wärme	0,95	0,88	0,88	0,83	0,78	0,75	0,73	0,81	0,86	0,94

Auch die Curven (Figur 2) sind in entsprechender Weise construirt, wie die von Gruppe I.

Es lassen sich daraus folgende Gesetze ableiten.

Auch die bei 2 isometrischen summirten Zuckungen gebildete Wärme ist immer kleiner als die doppelte Wärmemenge der Einzelzuckung.

Mit wachsendem Reizintervall nimmt die Wärmebildung immer zu[1]), und zwar zuerst relativ schnell bis zu dem Punkt, wo die



zweite Zuckung etwa in der Mitte des aufsteigenden Schenkels der ersten ansetzt, von da ab langsamer.

---

1) Von den kleinen Knicken in der Curve dürfen wir hier wohl absehen, weil sie offenbar durch Zufälligkeiten bedingt sind.

Die grösste Spannung wird erreicht, wenn die zweite Zuckung sich etwa auf das letzte Drittel des aufsteigenden Schenkels der ersten aufsetzt. Diese Beobachtung stimmt überein mit den Angaben von L. Wolf[1]).

Es sei uns gestattet, das Verhältniss von Spannung zu Wärme auch hier kurz als Nutzeffect zu bezeichnen. Bei einer rein isometrischen Zuckung kann man zwar von Nutzeffect nicht sprechen, weil keine Arbeit geleistet wird, aber anderseits leistet bei unserer Versuchsordnung der Muskel doch eigentlich Arbeit, die in der Spannung der Feder des Spannungszeichners aufgesammelt wird; daher kann man die Bezeichnung Nutzeffect für das Verhältniss von Spannung zu Wärme doch als zulässig erachten. Der Nutzeffect nimmt nun in unseren Versuchen mit wachsendem Reizintervall zunächst ab, um bei der Ausgangshöhe 0,75 im absteigenden Schenkel ein Minimum zu erreichen; von da ab nimmt er wieder zu.

Wir wollen nun die Unterschiede in der Wärmebildung zwischen 2 isotonischen und 2 isometrischen summirten Zuckungen hier feststellen:

1. Die für die zweite Zuckung erhaltene Wärmemenge ist bei Isometrie immer grösser, als bei Isotonie. Während bei Isotonie die Curve der Wärmebildung das beschriebene relative Maximum und Minimum hat, steigt sie bei Isometrie gleichmässig an.

2. Der Nutzeffect hat bei Isotonie ein relatives Maximum, dann, wenn die zweite Zuckung etwas vor dem Gipfel der ersten beginnt, und vor und nach diesem Punkte ein Minimum; bei Isometrie hat er dagegen nur ein Minimum dann, wenn die zweite etwas nach dem Gipfel der ersten beginnt.

Gruppe IV. Summation von 3 isometrischen Zuckungen.

Auf jeden Einzelversuch entfällt je eine Zuckung.

1) a. a. O. S. 29.

Reihe XXIII. A.

Nummer	Contacte	Contactstellung	Wärme	1. Spannung	2. Spannung	3. Spannung	2. Ausgangshöhe	3. Ausgangshöhe
1	c	—	23,8	7,0	—	—	—	—
2	b	—	23,5	7,0	—	—	—	—
3	a	—	24,3	7,0	—	—	—	—
4	a+b	43,2°	47,8	7,7	5,3	—	0,7	—
5	a+b+c	„	64,3	8,8	5,3	4,8	1,8	1,3
6	a+b	34,2	45,3	8,0	6,0	—	4,5	—
7	a+b+c	„	64,0	8,8	7,5	5,8	6,3	4,8
8	a+b	25,2	41,3	7,3	8,8	—	7,3	—
9	a+b+c	„	47,0	6,8	8,0	8,0	6,8	8,0
10	a+b	16,2	35,8	—	10,0	—	—	—
11	a+b+c	„	46,0	—	—	9,5	—	—
12	„	„	39,5	—	—	8,8	—	—
13	a+b	„	33,3	—	8,8	—	—	—
14	a+b+c	25,2	39,0	5,8	6,8	6,8	5,8	6,8
15	a+b	„	32,8	5,8	6,5	—	—	—
16	a+b+c	34,2	44,5	5,8	5,0	3,9	4,3	3,5
17	a+b	„	33,8	6,3	5,4	—	5,1	—
18	a+b+c	43,2	44,3	5,8	4,0	2,5	2,5	1,5
19	a+b	„	32,5	5,5	3,8	—	2,5	—
20	b	—	18,3	4,5	—	—	—	—
21	a	—	18,0	4,8	—	—	—	—
22	c	—	16,0	3,5	—	—	—	—
23	a+b	25,2	22,5	3,5	4,0	—	3,5	—
24	a+b+c	a—b : 25,2° { b—c: 25,2	26,3	3,0	3,8	3,3	3,0	3,3
25	„	„ 14,4	21,8	—	—	3,3	—	—
26	„	„ 3,6	19,3	—	—	3,0	—	—
27	„	„ 14,4	20,5	—	—	2,8	—	—
28	„	„ 25,2	20,5	—	—	2,8	—	—
29	a+b	25,2	17,3	—	2,6	—	—	—
30	a	—	12,3	2,3	—	—	—	—
31	b	—	12,8	2,8	—	—	—	—
32	c	—	10,0	1,5	—	—	—	—

Reihe XXIII. B.

Nummer	Contacte	Contactstellung	Wärme	Wärme f. d. 3. Zuckung	2. resp. 3. Spannung	2. resp. 3. Ausgangshöhe	Sp./W
1	a+b	16,2°	1,67	—	1,45	(0,72)	0,87
2	„	25,2	1,79	—	1,15	1,0	0,65
3	„	34,2	1,91	—	0,94	0,80	0,60
4	„	43,2	1,94	—	0,71	0,30	0,73
5	a+b+c	16,2	2,07	0,40	1,42	—	0,70
6	„	25,2	2,08	0,29	1,14	1,14	0,55

Nummer	Contacte	Contactstellung	Wärme	Wärme f. d. 3. Zuckung	2. resp. 3. Spannung	2. resp. 3. Ausgangshöhe	Sp./W
7	a+b+c	34,2°	2,62	0,71	0,75	0,65	0,48
8	„	43,2	2,62	0,68	0,57	0,21	0,68
9	a+b	25,2	1,37	—	1,03	1,0	0,76
10	a+b+c	a–b: 25,2° b–c: 3,6	1,32	–0,05	0,94	—	0,71
11	„	a–b: 25,2° „ 14,4	1,45	0,08	0,97	—	0,67
12	„	a–b: 25,2° „ 25,2	1,60	0,23	0,97	±1,03	0,61

Reihe XXIV. A.

Nummer	Contacte	Contactstellung	Wärme	1. Spannung	2. Spannung	3. Spannung	2. Ausgangshöhe	3. Ausgangshöhe
1	a	—	31,8	7,0	—	—	—	—
2	b	—	31,5	7,0	—	—	—	—
3	c	—	31,8	7,0	—	—	—	—
4	a+b	34,2°	51,0	6,5	4,0	—	2,0	—
5	a+b+c	„	63,8	6,3	4,0	3,3	2,2	1,75
6	a+b	25,2	42,5	4,8	5,0	—	4,3	—
7	a+b+c	„	48,0	4,0	5,0	4,5	4,0	4,5
8	a+b	16,2	33,8	—	6,8	—	—	—
9	a+b+c	„	42,0	—	—	7,0	—	—
10	„	„	38,6	—	—	6,0	—	—
11	a+b	„	28,3	—	4,5	—	—	—
12	a+b+c	25,2	33,3	2,5	2,8	1,8	2,5	1,5
13	a+b	„	24,8	2,1	2,1	—	—	—
14	a+b+c	34,2	30,0	2,2	1,5	0,8	1,0	0,5
15	a+b	„	23,3	2,0	1,4	—	0,8	—
16	c	—	15,0	2,0	—	—	—	—
17	b	—	14,3	1,9	—	—	—	—
18	a	—	13,0	1,8	—	—	—	—

Reihe XXV. A.

Nummer	Contacte	Contactstellung	Wärme	1. Spannung	2. Spannung	3. Spannung	2. Ausgangshöhe	3. Ausgangshöhe
1	a	—	28,3	5,5	—	—	—	—
2	b	—	26,5	5,0	—	—	—	—
3	c	—	27,5	5,0	—	—	—	—
4	a	—	25,5	4,5	—	—	—	—
5	a+b	34,2°	45,0	4,5	3,5	—	2,0	—
6	a+b+c	„	59,0	4,5	3,5	3,0	2,0	1,2
7	a+b	„	39,8	4,0	3,5	—	2,5	—
8	a	—	19,0	4,0	—	—	—	—
9	a+b	25,2	34,5	3,5	4,0	—	—	—
10	a+b+c	„	41,0	3,0	4,0	3,0	3,0	3,0
11	a+b	„	27,5	3,0	3,4	—	—	—
12	a	—	19,0	3,0	—	—	—	—
13	a+b	16,2	29,5	—	4,0	—	—	—
14	a+b+c	„	34,5	—	—	4,0	—	—
15	a+b	„	25,8	—	3,7	—	—	—
16	a	—	14,5	2,5	—	—	—	—

Reihe XXIV. B.

Nummer	Contacte	Contactstellung	Wärme	Wärme f. d. 3. Zuckung	2. resp. 3. Spannung	2. resp. 3. Ausgangshöhe	Sp./W
1	a+b	16,2°	1,36	—	1,40	(0,72)	1,03
2	„	25,2	1,47	—	0,90	1,0	0,61
3	„	34,2	1,62	—	0,66	0,37	0,80
4	a+b+c	16,2	1,76	0,40	1,60	—	0,91
5	„	25,2	1,78	0,31	0,80	±0,9	0,51
6	„	34,2	2,05	0,43	0,50	0,3	0,72

Reihe XXV. B.

Nummer	Contacte	Contactstellung	Wärme	Wärme f. d. 3. Zuckung	2. resp. 3. Spannung	2. resp. 3. Ausgangshöhe	Sp./W
1	a+b	16,2°	1,65	—	1,40	(0,72)	0,85
2	„	25,2	1,63	—	1,15	1,0	0,71
3	„	34,2	1,90	—	0,81	0,5	0,70
4	a+b+c	16,2	2,05	0,40	1,43	—	0,70
5	„	25,2	2,16	0,53	1,0	1,0	0,53
6	„	34,2	2,65	0,75	0,70	0,28	0,65

Reihe XXVI. A.

Nummer	Contacte	Contactstellung	Wärme	1. Spannung	2. Spannung	3. Spannung	2. Ausgangshöhe	3. Ausgangshöhe
1	b	—	29,0	11,5	—	—	—	—
2	c	—	28,0	11,5	—	—	—	—
3	a	—	32,5	11,5	—	—	—	—
4	a+b	16,2°	50,0	—	17,0	—	—	—
5	a+b+c	„	67,0	—	—	16,5	—	—
6	„	„	61,0	—	—	16,0	—	—
7	a+b	„	45,0	—	15,0	—	—	—
8	a	—	26,0	10,5	—	—	—	—
9	a+b	25,2	42,5	10,5	9,5	—	8,5	—
10	a+b+c	„	57,0	10,0	8,5	6,5	7,5	4,0
11	a+b	„	42,0	9,5	8,0	—	6,5	—
12	a	—	24,0	9,0	—	—	—	—
13	a+b	34,2	39,0	9,0	6,5	—	3,0	—
14	a+b+c	„	53,5	9,0	6,0	5,5	2,5	0,6
15	a+b	„	41,0	8,5	6,0	—	0,5	—
16	a	—	25,0	8,0	—	—	—	—
17	a+b	18,0	39,5	8,0	10,5	—	8,0	—
18	a+b+c	a—b: 18,0° { b—c: 21,6	49,0	7,5	10,5	8,5	7,5	8,5
19	„	„ 14,4	45,0	7,0	—	10,0	—	—
20	„	„ 9,0	42,5	7,0	9,0	10,5	7,0	9,0
21	„	„ 5,4	38,0	7,0	—	10,5	7,0	—
22	„	„ 5,4	36,0	6,5	—	10,0	6,5	—
23	„	„ 9,0	37,5	6,5	8,5	10,0	6,5	8,5
24	„	„ 14,4	35,0	6,5	—	8,5	6,5	—
25	„	„ 21,6	35,0	6,3	8,0	7,0	6,3	7,0
26	a+b	18,0	26,0	6,0	8,0	—	6,0	—
27	a	—	16,0	6,0	—	—	—	—

Reihe XXVI. B.

Nummer	Contacte	Contactstellung	Wärme	Wärme der 3. Zuckung	2. resp. 3. Spannung	2. resp 3. Ausgangshöhe	Sp / W
1	a+b	16,2°	1,62	—	1,45	(0,95)	0,90
2	„	25,2	1,69	—	0,88	0,75	0,67
3	„	34,2	1,63	—	0,71	0,23	0,91
4	a+b+c	16,2	2,19	0,57	1,48	—	0,68
5	„	25,2	2,28	0,59	0,66	0,40	0,61
6	„	34,2	2,18	0,55	0,63	0,07	0,94
7	a+b	18,0	1,60	—	1,32	1	0,83
8	a+b+c	a—b: 18,0° { b—c: 5,4	1,80	0,20	1,50	± 1,32	0,83
9	„	„ 9,0	1,95	0,35	1,50	± 1,32	0,80
10	„	„ 14,4	1,95	0,35	1,35	± 1,35	0,70
11	„	„ 21,6	2,05	0,45	1,13	1,13	0,64

Reihe XXVII. A.

Nummer	Contacte	Contactstellung	Wärme	1. Spannung	2. Spannung	3. Spannung	2. Ausgangshöhe	3. Ausgangshöhe
1	a	—	30,5	11,0	—	—	—	—
2	b	—	28,0	12,0	—	—	—	—
3	c	—	26,0	11,5	—	—	—	—
4	a	—	29,5	11,5	—	—	—	—
5	a + b	16,2°	41,5	—	16,0	—	—	—
6	a+b+c	„	56,5	—	—	17,0	—	—
7	„	„	55,0	—	—	16,5	—	—
8	a+b	„	39,5	—	15,5	—	—	—
9	a	—	24,0	8,0	—	—	—	—
10	a+b	25,2	37,0	7,5	10,5	—	7,5	—
11	a+b+c	„	54,5	7,0	—	10,0	—	—
12	a + b	„	35,0	6,5	9,5	—	6,5	—
13	a	—	18,5	5,5	—	—	—	—
14	a+b	34,2	39,0	5,5	5,5	—	5,0	—
15	a+b+c	„	45,5	5,5	5,5	3,5	5,0	2,0
16	a+b	„	28,5	4,7	4,7	—	4,3	—
17	a	—	17,0	4,0	—	—	—	—

Reihe XXVII. B.

Nummer	Contacte	Contactstellung	Wärme	Wärme der 3. Zuckung	2. resp. 3. Spannung	2. resp 3. Ausgangshöhe	$\frac{Sp}{W}$
1	a + b	16,2°	1,51	—	1,61	(0,72)	1,07
2	„	25,2	1,69	—	1,45	1	0,86
3	„	34,2	1,89	—	1,04	0,96	0,57
4	a+b+c	16,2	2,08	0,57	1,71	± 1,61	0,82
5	„	25,2	2,56	0,87	1,45	± 1,45	0,57
6	„	34,2	2,56	0,67	0,70	0,40	0,54

Reihe XXVIII. A.

Nummer	Contacte	Contactstellung	Wärme	1. Spannung	2. Spannung	3. Spannung	2. Ausgangshöhe	3. Ausgangshöhe
1	a	—	34,5	15,5	—	—	—	21,0
2	a+b+c	16,2°	71,5	—	21,0	22,0	—	—
3	"	25,2	75,5	15,5	—	19,5	15,5	11,0
4	"	34,2	76,0	15,5	15,0	12,5	12,5	5,0
5	"	43,2	76,5	15,5	13,0	11,0	5,5	12,0
6	"	34,2	74,0	15,0	14,3	12,5	12,5	—
7	"	25,2	61,0	14,5	—	18,0	14,5	18,5
8	"	16,2	53,5	—	18,5	20,0	—	—
9	a	—	30,5	14,7	—	—	—	—
10	a+b	16,2	47,0	—	18,2	—	—	—
11	"	25,2	50,5	13,5	16,0	—	13,5	—
12	"	34,2	51,0	14,0	12,0	—	7,5	—
13	"	43,2	53,5	14,0	10,5	—	2,5	—
14	"	34,2	47,5	13,5	10,5	—	6,0	—
15	"	25,2	43,5	13,5	15,0	—	13,5	—
16	"	16.2	41,5	—	16,5	—	—	—
17	a	—	29,0	12,5	—	—	—	—

Reihe XXVIII. B.

Nummer	Contacte	Contactstellung	Wärme	Wärme der 3. Zuckung	2. resp. 3. Spannung	2. resp. 3. Ausgangshöhe	Sp / W
1	a+b	16,2°	1,49	—	1,30	(0,72)	0,87
2	"	25,2	1,58	—	1,13	1	0,72
3	"	34,2	1,66	—	0,90	0,67	0,74
4	"	43,2	1,80	—	0,81	0,28	0,85
5	a+b+c	16,2	1,92	0,43	1,38	± 1,31	0,72
6	"	25,2	2,10	0,52	1,23	± 1,13	0,59
7	"	34,2	2,31	0,65	0,82	0,76	0,56
8	"	43,2	2,35	0,55	0,72	0,33	0.83

Reihe XXIX. A.

Nummer	Contacte	Contactstellung	Wärme	1. Spannung	2. Spannung	3. Spannung	2. Ausgangshöhe	3. Ausgangshöhe
1	a	—	24,0	11,0	—	—	—	—
2	a+b	a—b : 25,2° { —	46,5	11,0	11,0	—	10,5	—
3	a+b+c	b—c : 7,2°	50,5	11,0	11,0	11,7	10,5	11,0
4	„	„ 18,0	50,0	(nicht gezeichnet weil der Zeichner der Trommel nicht anlag)				
5	„	„ 28,8	50,0	11,0	11,2	7,5	10,9	6,0
6	„	„ 18,0	44,5	10,5	10,5	10,5	—	—
7	„	„ 7,2	41,8	10,5	—	11,0	10,3	—
8	a+b	—	35,5	10,0	9,5	—	10,3	—
9	a	—	22,0	9,5	—	—	—	—
10	a+b	a—b : 16,2° { —	34,5	9,5	12,0	—	9,5	—
11	a+b+c	b—c : 7,2	37,5	9,0	12,0	12,5	9,0	12,0
12	„	„ 18,0	38,0	9,0	11,0	10,5	9,0	10,5
13	„	„ 28,8	38,0	9,0	11,0	7,5	9,0	7,0
14	„	„ 18,0	35,5	8,5	10,0	10,0	8,5	10,0
15	„	„ 7,2	34,0	8,0	11,0	12,0	8,0	11,0
16	a+b	—	26,5	8,0	11,0	—	8,0	—
17	a	—	17,5	8,2	—	—	—	—

Reihe XXIX. B.

Nummer	Contacte	Contactstellung	Wärme	Wärme der 3. Zuckung	2. resp. 3. Spannung	2. resp. 3. Ausgangshöhe	$\frac{Sp}{W}$
1	a+b	25,2°	1,78	—	1,00	0,99	0,60
2	a+b+c	a—b : 25,2° { b—c : 7,2°	2,01	0,23	1,07	± 1,00	0,53
3	„	„ 18,8	2,06	0,28	1,00	± 1,00	0,49
4	„	„ 28,8	2,17	0,39	0,71	0,57	0,53
5	a+b	16,2	1,54	—	1,28	1,00	0,83
6	a+b+c	a—b : 16,2° { b—c : 7,2°	1,81	0,27	1,41	± 1,28	0,78
7	„	„ 18,0	1,86	0,32	1,20	1,20	0,69
8	„	„ 28,0	1,92	0,38	0,83	0,80	0,68

Wie bei Isotonie, ergeben die Versuche mit 3 Zuckungen bei Isometrie im Ganzen auch das, was nach den Resultaten mit 2 Zuckungen zu erwarten war. Für die dritte Zuckung wird in der Regel noch weniger Wärme gebildet, als für die zweite, und mit wachsendem Reizintervall nimmt die Wärmebildung zu. Allerdings finden sich einige Ausnahmen von letzterer Regel: In Reihe XXIII B. Nr. 6 und XXIV B. Nr. 5 kommt ein relatives Minimum für die dritte Zuckung vor, wenn die Ausgangshöhen etwa dem Gipfel der ersten und zweiten entsprechen, und in Reihe XXVI B. Nr. 6, XXVII B. Nr. 6, XXVIII B. Nr. 8 fällt ein solches Minimum noch später, etwa bei der Ausgangshöhe der dritten Zuckung in der letzten Hälfte des absteigenden Schenkels der zweiten.

Wir möchten zunächst einmal darauf aufmerksam machen, dass diese Ausnahmen von der erwarteten Regel durch Fehler bedingt sein könnten, die durch die Art der Berücksichtigung der Wärmeabnahme in Folge Ermüdung gegeben sind. Es liegt dem nämlich die Voraussetzung zu Grunde, dass die Ermüdungscurve, d. i. die Curve, die die Abhängigkeit der Verminderung der Wärmebildung von der Zahl der Reize zum Ausdruck bringt, eine gerade Linie ist. Sollte diese Voraussetzung in unseren Versuchen nicht zutreffen, so kann dadurch bei der grossen Zahl ungleichartiger Einzelversuche unter Umständen ein erheblicher Fehler bedingt sein. Die Ermüdungscurve aus unseren Versuchsresultaten zu construiren und für unsere Betrachtung zu verwerthen, ist leider nicht angängig, weil die Einzelversuche zu ungleichartig sind und nicht zu sagen ist, welcher ermüdende Einfluss jeder Art der Einzelversuche zukommt.

Sollten diese Fehler in der Berechnung oder andere Zufälligkeiten die erwähnten Minima nicht bedingen, so wäre an Folgendes zu denken:

Die Spannung hat nicht nur einen fördernden, sondern auch einen hemmenden Einfluss auf den Stoffumsatz[1]); letzterer tritt aber nur unter ganz besonderen Bedingungen, z. B. bei sehr grosser Spannung, zu Tage, weil er meist durch den ersten verdeckt wird. Das erste Minimum, das in Reihe XXIII und XXIV

1) Vergl. F. Schenck, Ueber den Einfluss der Spannung auf die Wärmebildung des Muskels. Dies Archiv Bd. 51. S. 509.

auftritt, ist möglicher Weise durch den hemmenden Einfluss der Spannung bedingt; es tritt nämlich auf etwa bei den Ausgangshöhen, bei denen die grössten Spannungen erreicht werden.

Bei dem zweiten Minimum wäre daran zu denken, dass hier, wo die Zuckungen schon beinahe von einander getrennt sind, die überhaupt erreichte grösste Spannung kleiner ist, als in den anderen Versuchen und dass deshalb der fördernde Einfluss der Spannung geringer sein könnte.

Von theoretischen Betrachtungen, die sich im Anschluss an unsere Untersuchungen anstellen lassen, wollen wir hier nur kurz Folgendes hervorheben.

Die Verschiedenheiten der Wärmebildung sind auf Veränderungen der Erregbarkeit zurückzuführen. So lange wir nicht wissen, was die Erregbarkeit bedingt, können wir natürlich auch über die Veränderungen derselben keinen weiteren Aufschluss geben, und wir müssen uns damit begnügen, durch Zergliederung unserer Versuchsresultate die Einflüsse festzustellen, die auf die Erregbarkeit gewirkt haben.

Wir wenden uns zunächst zur Betrachtung der Curve, die wir für die Wärmebildung zweier isometrischer summirter Zuckungen erhalten haben. Hier nimmt die Wärmebildung gleichmässig mit wachsendem Reizintervall zu. Wir können das so deuten: der erste Reiz verursacht im Muskel einen solchen Zustand der Erregbarkeit, dass der folgende einen geringeren Stoffumsatz zur Folge hat. Dieser Zustand geht nach kurzer Zeit — etwa 0,1—0,2 Secunden — wieder verloren, der Muskel hat dann wieder seine frühere Erregbarkeit. Wir können diese Veränderung in üblicher Weise kurz als durch „Ermüdung" bedingt bezeichnen, ohne damit behaupten zu wollen, dass wir in der Erklärung weiter gekommen sind.

Wir müssen es dahin gestellt sein lassen, ob der ermüdende Einfluss der ersten Reizung allein den Verlauf der Curve bedingt oder nicht. Es ist möglich, ja wahrscheinlich, dass er sich combinirt mit einem anderen. Wir wissen, dass bei gleichem Reize der Stoffumsatz um so grösser ist, je grösser die Spannung. Die grösste erreichte Spannung ist aber in den Einzelversuchen ver-

schieden und dadurch könnten Verschiedenheiten in der Wärmebildung mit bedingt sein. Auf diesen Einfluss könnte man die Thatsache zurückführen, dass die Curve der Wärmebildung zuerst steil ansteigt, bis etwa zu dem Punkte, der der grössten erreichten Spannung entspricht, von da ab weniger steil.

Der eigenartige Verlauf der Curve der Wärmebildung bei isotonischen Zuckungen, lässt sich auch erklären aus der Annahme, dass sich hier zwei Einflüsse auf die Erregbarkeit combiniren. Auch hier wird erstens die Ermüdung Einfluss haben, ähnlich wie bei Isometrie. Zweitens müssten wir noch die Annahme machen, dass die Erregbarkeit des Muskels um so geringer ist, je grösser der Contractionszustand. Der erste Einfluss würde hauptsächlich die Gestalt der Curve der Wärmebildung in ihrem Anfangstheile bedingen, während der zweite seine grösste Einwirkung in der Mitte der Curve zeigt und hier das relative Minimum bedingt.

Von besonderem theoretischen Interesse ist ferner noch die Abhängigkeit des Nutzeffects von dem Reizintervall. Darüber finden sich in der folgenden Abhandlung noch einige Bemerkungen.

(Aus dem physiologischen Institut zu Würzburg.)

Ueber den Einfluss der Spannung auf die Erschlaffung des Muskels.

Von

Dr. **Fritz Schenck.**

Mit 4 Holzschnitten.

Ich habe in einigen früheren Arbeiten den Satz aufgestellt und vertheidigt, dass die Spannung die Erschlaffung des Muskels beschleunigt, und zwar nicht nur den mechanischen Vorgang der Erschlaffung, sondern auch den chemischen Process, der nach Fick's Hypothese den mechanischen Vorgang der Erschlaffung

verursacht. Dieser Satz ist nun neuerdings von Gad[1]) und Kohnstamm[2]) verworfen worden. Zweck der folgenden Auseinandersetzung soll sein, erstens zu zeigen, dass die Thatsachen, auf die Gad und Kohnstamm ihre Ansicht gründen, auch leicht nach meiner Auffassung erklärt werden können, und zweitens weitere,

1) J. Gad: Zur Theorie der Erregungsvorgänge im Muskel. Verh. d. physiol. Ges. zu Berlin. 14. Oktob. 1892.

2) O. Kohnstamm, Du Bois' Archiv 1893. S. 49 u. 125.

Ich sehe mich genöthigt, noch einen Vorwurf zurückzuweisen, den mir Kohnstamm a. a. O. S. 61 macht. Er behauptet nämlich, ich scheine in einen Irrthum verfallen zu sein, weil ich hinsichtlich der beiden Processe im Muskel die Contractionswelle anzöge, obwohl Gad und Heymans nachgewiesen hätten, dass für die Betrachtung der isotonischen Curve alle Muskelelemente als in gleicher Contractionsphase begriffen, angesehen werden müssten. Ich habe mich nicht geirrt, denn Gad und Heymans haben jenen Nachweis nicht erbracht, sondern nur bewiesen, dass die Aenderungen der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Contractionswelle durch Aenderung der Temperatur zu gering ist, um die Veränderungen im Zuckungsverlaufe zu erklären. Dieser Beweis steht nicht im Widerspruch mit meiner Annahme, dass Verkürzungsprocess und Erschlaffungsprocess, wenn sie gleichzeitig und zusammen auf die Gestalt des ganzen Muskels wirken, in verschiedenen Elementen des Muskels sich abspielen.

Vielleicht ist es zweckmässig, hier nochmals darauf hinzuweisen, welche Erwägungen mich zu jener Annahme geführt haben. Sie ist, wie mir scheint, eine Folgerung aus der Theorie, dass die Verkürzung der directe Ausdruck der im Muskel sich abspielenden Processe ist. Man gelangt zu ihr durch folgende Ueberlegung: Der vollständige Ablauf des ersten chemischen Processes ist insofern die Vorbedingung zum Zustandekommen des zweiten, als das hypothetische Zwischenproduct nicht eher verbrannt werden kann, als es gebildet ist, falls überhaupt Contraction erfolgen soll. Denn es ist zur Contraction erforderlich, dass das Zwischenproduct eine bestimmte Zeit lang seine contrahirende Wirksamkeit ausübt. Ohne Zwischenproduct keine Contraction. Nach Gad's Auffassung ist es nun möglich, dass in einem Element sich Verkürzungsprocess und Erschlaffungsprocess gleichzeitig abspielen, weil darin mehrere Molecüle des Zwischenproducts gebildet werden. Wenn die letzten Molecüle desselben noch gebildet werden, können die ersten schon verbrannt werden. Wenn aber die Verkürzung als der directe Ausdruck der chemischen Processe aufgefasst wird, dann ist jedes Molecül des Zwischenproducts identisch mit einem verkürzten Element. Folglich kann sich dann Verkürzung und Erschlaffung in einem Element allein nicht gleichzeitig abspielen.

zum Theil neue Beobachtungen beizubringen, die meinen Satz stützen, dagegen mit der Auffassung Gad's und Kohnstamm's unvereinbar sind.

Ich habe meinen Satz zuerst aufgestellt, weil ich damit die Aenderungen im Zuckungsverlaufe erklären konnte, die dann auftreten, wenn der Muskel im Verlaufe der Contraction träge Massen schleudert[1]). Gad und Kohnstamm geben nun den beschleunigenden Einfluss der Spannung auf die Erschlaffung auch für diesen Fall zu, weil hier „äussere mechanische Kräfte, wie die Trägheit von Massen, auf den Ablauf der Zuckung Einfluss haben". Sie leugnen ihn aber für Isotonie und Isometrie.

In der Auseinandersetzung Kohnstamm's über diesen Punkt ist mir eins unverständlich geblieben. Kohnstamm weist meinen aus den Constructionen der Integralcurven der beiden im thätigen Muskel sich abspielenden Processe für Schleuderzuckungen entnommenen Satz zurück mit folgender Begründung (a. a. O. S. 73):

„Integralcurven dürfen aber, wie wir wiederholen müssen, nur für den Fall gezeichnet werden, dass träge Massen nicht erheblich ins Spiel kommen, und wir zweifeln nicht, dass, wenn man eine elastische Feder gegen träge Massen schnellen liesse, die sie überwinden kann, um dann ihren Weg fortzusetzen, sich ebenso „„eine Förderung des zweiten Processes"" herausstellen würde."

Das ist selbstverständlich, aber ich weiss nicht, warum Kohnstamm mir das vorhält. Ich habe dagegen bei der Ableitung meines Satzes nicht verstossen. Mein Satz ist nämlich abgeleitet aus dem Theil der Schleuderzuckungscurve, den der Muskel zeichnet, wenn er nach der Schleuderung isotonisch seinen Weg fortsetzt, wenn also träge Massen thatsächlich nicht mehr ins Spiel kommen. Hier kann von einer directen Wirkung der trägen Massen auf die Gestalt des Muskels nicht mehr die Rede sein, sondern nur noch von der indirecten, die sich in Aenderung des Ablaufes der Processe äussert. Gerade diese indirecte Wirkung wollen wir mit Hülfe unserer Constructionen festzustellen suchen.

Kohnstamm's Bemerkungen scheinen mir nur verständlich unter der Annahme, dass er meine Auseinandersetzungen missverstanden hat. Er scheint zu glauben, dass ich meinen Schluss auf

1) Dies Archiv Bd. 50 S. 166.

die Veränderungen der Curve gründe, die sie erleidet während der Schleuderung selbst, d. h. während der Zeit, wo der Schleuderhebel dem Längenzeichner aufliegt. Dieser Theil der Curve hat allerdings Aehnlichkeit mit der Curve, die eine elastische Feder dann zeichnen würde, wenn sie gegen träge Massen schnellt, die sie überwinden kann. Aber ich betone nochmals, dass ich diesen Theil der Curve für meine theoretische Betrachtung unberücksichtigt lasse. Nur den Theil vom Ende der Schleuderung an bis zum Ende der Zuckung ziehe ich in Betracht; dieser Theil ist mit der Bewegung einer entspannten Feder gar nicht zu vergleichen. Ich will hier zur Bestätigung meiner Angaben meine eigenen Worte über diesen Punkt citiren. Nachdem ich die Integralcurven für die Schleuderzuckungen construirt habe, sage ich, ehe ich theoretische Folgerungen daraus ziehe, Folgendes[1]:

„Im Voraus ist zu bemerken, dass die Curve für den zweiten Process bei Schleuderung in dem Theile gleich, nachdem sie sich von der der isotonischen abgehoben hat, nicht rein ist, weil hier die Dehnung des Muskels durch die Schleudermassen während einiger Zeit eine Rolle spielt. Dies ist zu erkennen an der geschlängelten Form der Curve, besonders auffallend bei *a* und *c* (sc. der Fig. 5, Tafel I). Erst geht die Curve steil an — Dehnung — dann schwächer — Entlastung — dann wieder steiler. Nur aus dem letzten Theil lässt sich schliessen, wie der zweite Prozess im Vergleich zum ersten geändert ist."

Wenden wir uns nun zu dem Eingangs aufgestellten Satze zurück. Ich habe Gad und Kohnstamm, die seine Richtigkeit bezweifeln, vor allem eins entgegenzuhalten, auf das ich schon früher einmal hingewiesen habe[2]). Mein Satz entspricht einem physikalischen Postulate, insofern er aussagt, dass die nach der Contraction erfolgende Bewegung der Theilchen des Muskels auseinander durch eine in derselben Richtung und in demselben Sinne wirkende Kraft beschleunigt wird. Der Satz muss also gelten für alle Fälle, in denen die inneren Umlagerungen stattgehabt haben, die bei der Erschlaffung rückgängig gemacht werden. Er gilt daher auch für Isotonie: es muss die Erschlaffung bei

1) A. a. O. S. 182.

2) Dies Archiv Bd. 53 S. 406.

isotonischen Zuckungen um so mehr beschleunigt sein, je grösser die Belastung des Muskels, was auch thatsächlich der Fall ist[1]). Aber auch bei einer isotonischen Zuckung ist die Beschleunigung der Erschlaffung nicht in allen Elementen gleich, sondern hängt ab von den inneren Spannungen, die der Verkürzung entgegenwirken und die insgesammt um so grösser sein werden, je grösser die Verkürzung. So erklärt sich der von Gad und Kohnstamm aufgestellte Satz, dass der zweite Process sich um so plötzlicher entladet, je beträchtlicher die inneren Umlagerungen sind.

Für die Erklärung der Isometrie würden wir nun aber nach Gad und Kohnstamm das physikalische Postulat nicht ohne weiteres heranziehen dürfen, weil hier die inneren Umlagerungen so stark eingeschränkt sein sollen, dass sie für die theoretische Betrachtung vernachlässigt werden können. Um meine theoretischen Erörterungen nicht übermässig auszudehnen, will ich diese Auffassung hier zulassen, obwohl ich anderer Ansicht bin. Die Contractionstheorie, der ich mich angeschlossen habe, verlangt nämlich im Gegentheil, dass die Spannung bei Isometrie durch dieselben inneren Umlagerungen in den activen Theilen des Muskels hervorgebracht wird, wie die Verkürzung bei jedweder anderen Zuckung.

Die Annahme der beschleunigenden Wirkung der Spannung auf die Erschlaffung bei Isometrie lässt sich aber auch festhalten, wenn man zugeben wollte, dass bei Isometrie keine erheblichen inneren Umlagerungen statt haben, denn es bleibt mir dann immer noch meine Hypothese von der Wirkung auf den chemischen Process, der die Erschlaffung verursacht. Aber gerade hiergegen wenden sich nun Gad und Kohnstamm, indem sie behaupten, dass im Gegentheil die Spannung den Erschlaffungsprocess verzögert. Es wird daher nöthig sein, auf die Erörterungen einzugehen, die sie zu diesem Schlusse führen.

Die Beobachtung, von der sie ausgehen, ist folgende[2]): Die isometrische Zuckung hat, im Vergleich zur isotonischen, eine kürzere Gipfelzeit mit folgendem Plateau. Der Schluss, dass dies bedingt sei durch Verzögerung der Erschlaffung, wird gezogen auf Grund der schematischen Darstellung des Verlaufs der beiden im Muskel sich abspielenden Processe in Form zweier Integral-

---

1) Dies Archiv Bd. 52 S. 457 u. 465.

2) Kohnstamm, a. a. O. S. 62.

curven, deren Abscissen die Zeit, deren senkrechte Entfernung von einander die jeweils vorhandene Länge, resp. Spannung des Muskels bedeutet. Nennen wir mit Kohnstamm die Integralcurve für den ersten Process F_1, für den zweiten F_2 und die zugehörige Zuckungscurve F.

Kohnstamm discutirt nun, durch welche Veränderungen der Integralcurven die characteristischen Variationen der Muskelcurve F bedingt sein müssen[1]). Allein er discutirt nicht die sämmtlichen möglichen Fälle. So schliesst er, um „die allgemeinsten Regeln in Kürze aussprechen zu können" erstens einmal diejenigen Fälle aus, in denen F_1 sich ändert. Aber auch von den Fällen, in denen F_2 allein sich ändert, bringt er nur folgende vor, die er in seinem Satze 3 zusammenfasst.

„Die Gipfelzeit (von F) wird relativ klein,

a) wenn F_2 sich spät und langsam erhebt,

b) wenn F_2 sich früh und schnell an F_1 anschliesst"

Und er fügt dann noch hinzu, dass man Fall a von b dadurch unterscheidet, dass bei a in Curve F ein Plateau auf den Gipfel folgt, bei b ein jäher Abfall.

Unter Fall a würde nun, nach Ansicht von Gad und Kohnstamm, die isometrische Zuckung bei Vergleich mit der isotonischen zu bringen sein.

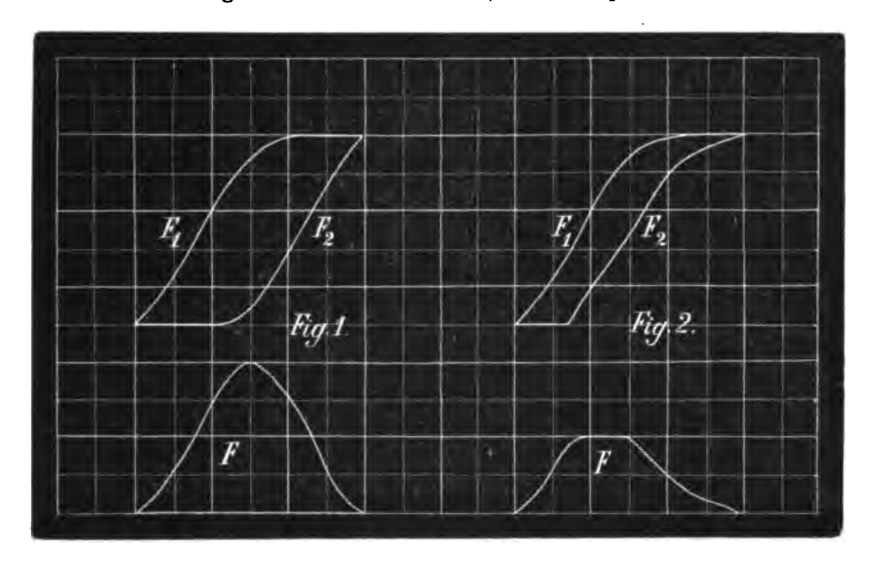
Auch für ein unverändertes F_1 sind mit diesen Fällen nicht alle Möglichkeiten erschöpft. Ich will unter anderen besonders noch eine hervorheben, die für uns Interesse hat.

Es kann nämlich Verkleinerung der Gipfelzeit mit Plateaubildung dann auftreten, wenn F_2 bei etwa gleichbleibender Steilheit sich früher abhebt. In der nebenstehenden Figur 1 sind F_1 und F_2 die beiden Integralcurven für F. Wenn wir F_2 bei gleicher Steilheit sich früher erheben lassen, erhalten wir Figur 2 F_1 und F_2. Die dazu gehörige Curve F zeigt verkleinerte Gipfelzeit mit Plateau. In Figur 2 ist die horizontale Entfernung von F_2 bis F_1 kleiner, als in Fig. 1, d. h. mit Worten: Der Erschlaffungsprocess ist beschleunigt. Wir können also auch mit unserem Satze eine Verkleinerung der Gipfelzeit mit Plateaubildung erklären, selbst wenn wir F_1 unverändert lassen.

---

1) S. 59.

Kohnstamm's Erklärung ist also nicht die einzig mögliche. Sie ist aber sogar auch unwahrscheinlich, weil die ihr zu Grunde liegende Annahme, dass F_1 unverändert



bleibt, nicht zutrifft; denn bei Isometrie wird mehr Wärme gebildet, als bei Isotonie, und Kohnstamm giebt selbst zu, dass der Grenzwerth, dem F_1 asymptotisch sich nähert, um so grösser ist, je grösser die nach Ausweis der myothermischen Messungen unter diesen Verhältnissen entwickelte Wärmemenge ist[1]). F_1 geht also für Isometrie höher hinauf und wird dementsprechend auch steiler, als für Isotonie. Dies spricht aber zu meinen Gunsten. Denn grössere Steilheit von F_1 hat — bei gleichbleibender senkrechter Entfernung beider Integralcurven — zur Folge, dass auch F_2 steiler werden muss und dass der horizontale Abstand von F_2 bis F_1 kleiner wird — was also wieder der Beschleunigung der Erschlaffung entspricht.

Aber es ist nicht blos der Unterschied im Stoffumsatz, der uns zwingt, F_1 für Isometrie höher und steiler anzunehmen, als für Isotonie, sondern auch noch ein anderer Umstand, auf den wir jetzt zu sprechen kommen.

F_1 bedeutet nach Gad den Verlauf des chemischen Processes, der zur Contraction führt. Wenn wir nun isotonische und iso-

1) A. a. O. S. 60.

metrische Höhen und Wärmen in der Weise vergleichen, wie Gad und Kohnstamm es thun, so legen wir dem stillschweigend noch die Annahme zu Grunde, dass bei gleicher Reizstärke immer der gleiche Theil der beim ersten Process frei werdenden Kraft nach aussen in Erscheinung tritt, einerlei ob der Muskel isotonisch oder isometrisch zuckt. Bei der isotonischen Zuckung würde dieser Theil als geleistete Arbeit, bei der isometrischen als Spannung erscheinen.

Diese Annahme scheint mir unzulässig. Weil bei Isotonie mehr innere Widerstände zu überwinden sind, muss hier ein kleinerer Theil der Kraft nach aussen erscheinen als bei Isometrie, und dieser Theil ist um so kleiner, je grösser die Verkürzung, weil mit der Verkürzung die inneren Widerstände wachsen, auf deren Ueberwindung der andere Theil der Kraft entfällt. Da F_1 nur den Verlauf des Theils des chemischen Processes angeben kann, der nach Aussen, in der Curve F, in Erscheinung getreten ist, so muss also bei Isotonie F_1 nicht der gesammten Wärmebildung entsprechen, sondern nur einem Theile derselben. F_1 ist also auch noch aus diesem Grunde für Isotonie weniger steil zu setzen und zu kleinerer Höhe hinaufzuführen, als für Isométrie[1]).

Aus diesen Betrachtungen dürfte hervorgehen, dass Gad und Kohnstamm zu ihrem Schlusse nicht berechtigt sind, weil die ihm zu Grunde liegenden Annahmen nicht zutreffen. Die Richtigstellung dieser Annahmen fällt für meinen Satz günstig aus. Wenn man F_1 für Isometrie bedeutend steiler zu setzen hat, als für Isotonie, so ist es nicht mehr schwierig, sich die horizontale Entfernung von F_2 bis F_1 für Isometrie kleiner vorzustellen als für Isotonie, sogar für den Fall, dass die senkrechte Entfernung grösser gesetzt werden müsste.

Die senkrechten Entfernungen der Integralcurven entsprechen den Höhen der zugehörigen Zuckungscurven. Nun werden die isotonischen und isometrischen Höhen mit verschiedenem Masse

1) Uebrigens habe ich vor dem Irrthum, in den hier Gad und Kohnstamm verfallen sind, schon in einer früheren Abhandlung ausdrücklich gewarnt, als ich auseinandersetzte, dass die Integral-Curven nicht den Verlauf der chemischen Processe selbst, sondern den ihrer Wirkung angeben. (Dies Archiv, Bd. 52, S. 464).

gemessen und sind deshalb nicht ohne Weiteres vergleichbar. Man wird deshalb fragen: Wie gross haben wir die isometrischen Höhen beim Vergleiche mit den isotonischen anzunehmen? Die Frage ist von grosser Bedeutung aus folgendem Grunde:

Wir wollen der Einfachheit halber mit Gad und Kohnstamm die unrichtige, aber für unsere Auffassung ja ungünstige Annahme der Unveränderlichkeit von F_1 zulassen. Wenn nun der senkrechte Abstand der Integralcurven bei Isometrie kleiner anzunehmen sein sollte, als bei Isotonie, so ist es klar, dass dann auch der horizontale Abstand, unserem Satze entsprechend, kleiner wird. Der senkrechte Abstand wird kleiner, wenn die isometrische Höhe kleiner als die isotonische zu setzen sein sollte. Für diesen Fall würde also schon bei unverändertem F_1 eine Beschleunigung der Erschlaffung bei Isometrie anzunehmen und damit Gad's und Kohnstamm's Ansicht widerlegt sein.

Auffallender Weise berühren Gad und Kohnstamm diesen so wichtigen Punkt in ihrer Besprechung mit keinem Worte. Sie haben zwar ihrer Auffassung, wie leicht zu ersehen, die Annahme zu Grunde gelegt, dass die isometrischen Höhen grösser sind als die isotonischen; mit welchem Rechte sie das gethan haben, berichten sie aber nicht.

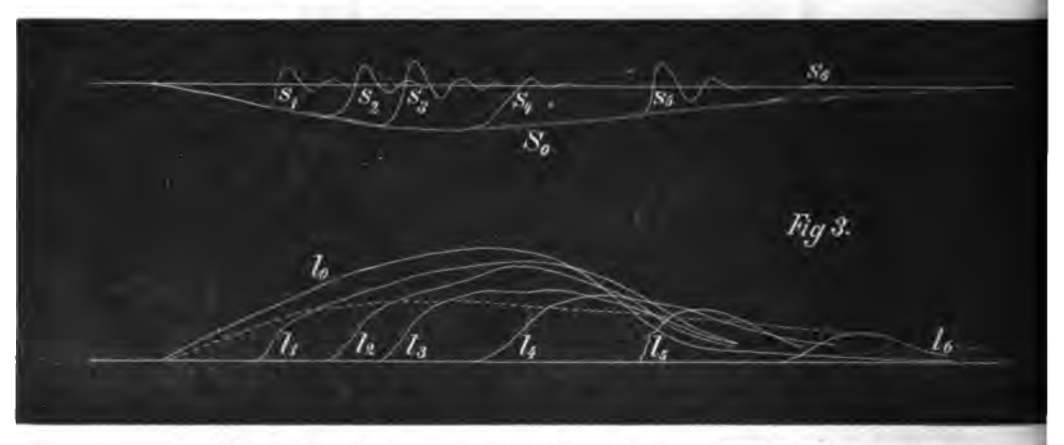
Die hier aufgeworfene Frage ist aber, so weit ich ersehe, bis jetzt noch nicht beantwortet worden, und sie kann auch nicht durch theoretische Erwägungen entschieden werden, sondern nur durch das Experiment.

Der entscheidende Versuch ist in folgender Weise anzustellen:

Der Muskel wird im Beginn der Zuckung an seiner Verkürzung gehindert, dann in einem bestimmten Zeitpunkte freigelassen. Er bewege einen isotonisch schreibenden Zeichenhebel. Mit Hülfe der alsdann gezeichneten Curve wird der Punkt festgestellt, bis zu dem sich der Muskel in Folge der Entspannung verkürzt. Wenn man den Zeitpunkt der Entspannung bei mehreren derartigen Versuchen variirt, so erhält man für die Verkürzung eine entsprechende Zahl von Punkten. Verbindet man diese Punkte durch eine Curve, so giebt die Curve die Verkürzungen an, die den Spannungen der zugehörigen Spannungscurve entsprechen. Diese Curve kann mit der Verkürzungscurve der isotonischen Zuckung bezüglich der Höhen verglichen werden.

Bei der Ausführung der Versuche bediente ich mich des in diesem Archive Bd. 52 S. 108 beschriebenen Apparats, der es gestattet, mit den Längenänderungen auch die Spannungsänderungen des Muskels festzustellen. Die Spannungscurven lieferten die Controle, dass die Entspannung auch in gewünschter Weise sehr schnell erfolgte. Die Belastung des Muskels betrug 200 gr an der Rolle des Längenzeichners, entsprechend 10 gr am Angriffspunkt. Unter dem Längenzeichner wurde ein verstellbares Lager so eingestellt, dass der Zeichner ihm gerade auflag. Am Längenzeichner unter dem Angriffspunkt des Muskels war ein nach unten hängender Faden befestigt. Diesen Faden hielt ich fest angezogen, so dass der Längenzeichner gegen das Lager angedrückt wurde und der zuckende Muskel den Zeichner nicht erheben konnte. In einem bestimmten Momente wurde nun während der Zuckung des Muskels der Faden losgelassen, so dass die Entspannung erfolgen konnte.

So erhaltene Curven stellen sich in Figur 3 dar, bei l^0 eine isotonische, bei s_0 eine isometrische, ferner bei l_1 l_2 etc. die Zuckungen mit Anfangshemmung, bei s_1, s_2 etc. die zugehörigen Spannungscurven. Es handelt sich nun darum, in den Curven des Längenzeichners die Punkte für die Verkürzung nach der Entspannung zu suchen.



Um dies zu können, werden wir erst zu discutiren haben, welche Factoren von Einfluss auf die Gestalt der Curven sind. Es sind deren drei, die wir berücksichtigen müssen.

1. **Während der Verkürzung in Folge der Entspannung ver-**

läuft im Muskel der Contractionsprozess weiter; er kann jene Verkürzung unterstützen und dadurch bewirken, dass der gesuchte Punkt zu hoch fällt.

2. Bei der plötzlichen Verkürzung nach Entspannung ist es unvermeidlich, dass eine Schleuderung des Schreibhebels trotz dessen geringer Trägheit stattfindet.

3. Es ist in hohem Grade wahrscheinlich, ja sicher, dass die Verkürzung des Muskels langsamer verläuft, als die Entspannung, weil bei der Verkürzung innere Widerstände überwunden werden müssen. Aus letzterem Grunde ist der gesuchte Punkt nicht in dem Zeitpunkte anzunehmen, wo die kleine Spannung erreicht ist, sondern später.

Die Wirkung des zweiten und dritten Factors lässt sich getrennt von der des ersten zur Anschauung bringen, wenn man den unthätigen Muskel plötzlich entlastet. Der Muskel wird durch ein Gewicht so gespannt, dass seine Spannung ungefähr so gross ist, wie die, welche er bei Isometrie erreicht. Dann wird er plötzlich entlastet bis zu der Spannung von 10 gr. Die alsdann gezeichnete Curve stellt sich in Figur 4 dar. Man erkennt die Wirkung des zweiten Factors darin, dass der Zeichner erst über den neuen Gleichgewichtszustand hinausgeht. Die Verkürzung darf als vollendet angesehen werden,

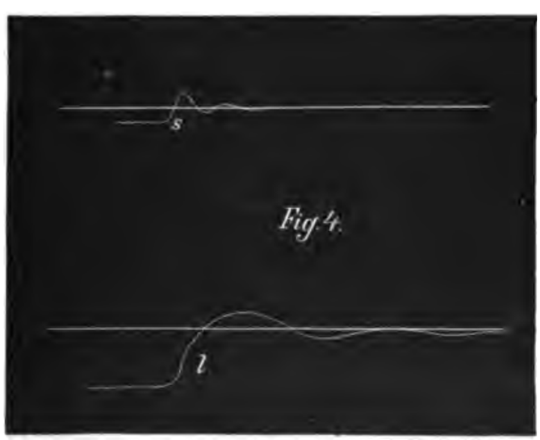


Fig. 4.

wenn der Längenzeichner zum zweiten Male die Abscisse für die kleine Spannung schneidet, denn die in der Curve von da ab noch weiter zum Vorschein kommende elastische Nachwirkung ist von so geringem Betrage, dass sie für unsere Betrachtung vernachlässigt werden kann.

Für die Betrachtung der Curven des thätigen Muskels gewinnen wir aus dem eben beschriebenen Versuche einen für uns wichtigen Anhaltspunkt. Wir entnehmen daraus, dass bei der Umkehr der Curve des unthätigen Muskels von ihrem höchsten Punkte der Zeichner sicher höher als der von uns gesuchte Punkt steht. Wenn wir uns in der Curve des thätigen Muskels den Punkt suchen, der diesem Umkehrpunkt entspricht, so haben wir sicher die isometrischen Höhen zu hoch, also für unsere Auffassung zu ungünstig, für die Gad's und Kohnstamms zu günstig geschätzt. Dieser Punkt markirt sich nun allerdings in der Curve des thätigen Muskels nicht deutlich als Umkehrpunkt. Es wirkt hier der 1. der genannten Factoren auf die Curve mit ein; wenn nämlich der Längenzeichner nach unten zu gehen sich anschickt, ist der Muskel durch weitere Contraction so weit verkürzt, dass die Verkürzung dem Stande des Längenzeichners entspricht. Aber der genannte Punkt liegt da, wo die Curve, die anfangs steil emporsteigt, mit geringerer Steilheit zu verlaufen beginnt.

Diesen Punkt, der also für den gesuchten zu hoch liegt, wollen wir in allen Curven aufsuchen und aus den erhaltenen Punkten die Curve construiren, die theoretisch die Verkürzungscurve der isometrischen Zuckung darstellt. Sie wird angegeben durch die gestrichelte Linie. Der Vergleich mit der Verkürzungscurve der isotonischen Zuckung ergiebt, dass die isometrischen Höhen bis auf einen kleinen Theil gegen Ende der Zuckung immer kleiner sind als die isotonischen. Dieses Resultat habe ich in allen Versuchen bekommen.

Damit ist der Beweis für die Richtigkeit meiner Auffassung auch bei Isometrie erbracht, und Gad's und Kohnstamm's Erklärung widerlegt, auch schon für den Fall, dass F_1 bei Isometrie und Isotonie unverändert angenommen wird. Die Beschleunigung der Erschlaffung muss natürlich noch grösser werden, wenn F_1 aus den vorhin erörterten Gründen für Isometrie steiler angenommen wird, als für Isotonie. Dann kann eine Beschleunigung der Erschlaffung auch noch zu Tage treten im letzten Theile der Zuckung, in dem die isometrischen Höhen vielleicht grösser sind, als die isotonischen.

Dass Gad und Kohnstamm ihren Satz nun mit weiteren Beobachtungen [1]), die isotonische und isometrische Zuckungen bei

1) Dass die isometrische Höhe trotzt der von uns angenommenen Be-

verschiedener Reizstärke betreffen, in Einklang bringen können, beweisst deshalb nicht seine Richtigkeit, weil auch hier immer wieder die eben als unzulässig bewiesenen Annahmen ihren Betrachtungen zu Grunde gelegt werden, besonders die Unveränderlichkeit von F_1. Wenn ich, beiläufig bemerkt, bei der Betrachtung der Schleuderzuckungen auch die Unveränderlichkeit von F_1 angenommen hätte, so würde ich auch da eine Verzögerung der Erschlaffung durch die Spannung erhalten haben.

Ich führe nun noch weiter einige Thatsachen an, die mit der Auffassung Gad's und Kohnstamm's unvereinbar sind. Es sind das Fälle, bei denen die Forderung erfüllt ist, „dass träge Massen nicht erheblich in's Spiel kommen."

Zunächst einmal sind es meine Beobachtungen an isotonischen Zuckungen, die bei verschiedener Belastung des Muskels erhalten wurden, und zwar vor allem solche, die der Muskel ausführt, wenn er eine Temperatur von etwa 30° C. hat. Aus früher auseinandergesetzten Gründen[1]) haben wir hier eher Berechtigung, F_1 als annähernd unverändert für die verschiedenen Curve F zu betrachten. Demnach kann nur F_2 verändert sein und die kleinere Hubhöhe, Gipfelzeit und Zuckungsdauer bei grösserer Spannung kann nur dadurch bedingt sein, dass F_2 näher an F_1 heran rückt, also durch Beschleunigung des zweiten Prozesses. Da es zweifellos ist, dass durch die grössere Spannung der Grad der Verhinderung der inneren Umlagerung im Sinne Gad's auch grösser werden muss,

---

schleunigung der Erschlaffung bei verschiedenen Reizstärken etwa proportional dem Gesammtstoffumsatz ist, ist ebenso zu erklären, wie die Zunahme der Hubhöhe bei Erwärmung des Muskels von 19° bis 30°, die trotzt beschleunigter Erschlaffung erfolgt, weil F_1, entprechend dem gesteigerten Stoffumsatz steiler wird und höher hinaufgeht.

Unter Berücksichtigung des Umstandes, dass ein Theil der aufgewendeten Kraft nicht in der Verkürzung zum Ausdruck kommt, weil er zur Ueberwindung innerer Widerstände verbraucht wird, und dass dieser Theil relativ um so grösser ist, je grösser die Verkürzung, wird sich wohl auch das Verhalten, der isotonischen Hubhöhe zur gebildeten Wärme erklären lassen ohne die Annahme Gad's und Kohnstamm's, dass die Erschlaffung um so mehr beschleunigt ist, je stärker der Reiz. Zu dieser Annahme zwingt nämlich keine der dafür angeführten Thatsachen.

1) Dies Archiv Bd. 52 S. 457 u. S. 465.

so widersprechen diese Thatsachen direct dem Satze von der Verzögerung der Erschlaffung durch Verhinderung der inneren Umlagerung.

Noch mehr beweisend sind aber die Resultate der Untersuchung über die Wärmebildung bei Summation, die in der dieser vorangehenden Abhandlung von Bradt und mir mitgetheilt sind.

Nach Gad und Kohnstamm wäre hier nämlich Folgendes zu erwarten: Bei Summation isotonischer Zuckungen müsste die Erschlaffung um so mehr beschleunigt werden, je grösser der Grad der gestatteten inneren Umlagerung. Deshalb müsste durch Interferenz der beiden Processe ein um so kleinerer Theil der frei werdenden Kraft zur Verwendung nach Aussen gelangen, je grösser die Verkürzung, das ist also für zwei summirte Zuckungen bei der Ausgangshöhe 0,68 im aufsteigenden Schenkel. Thatsächlich aber ist hier der grösste Nutzeffect erhalten, ungefähr gerade so gross, wie bei einer einzelnen Zuckung.

Nach unserer Auffassung erklärt sich dies dagegen sehr leicht. Danach ist nämlich die Beschleunigung der Erschlaffung bei Isotonie nur bedingt durch die Wirkung der inneren Spannungen. Wenn diesen inneren Spannungen durch eine gleich grosse contractile Kraft das Gleichgewicht gehalten wird, so findet die Beschleunigung der Erschlaffung nicht statt. Es gehört also ein vielleicht nur sehr kleiner Theil der vom zweiten Reiz ausgelösten Kraft dazu, um die Erschlaffung in den Elementen, die der erste Reiz zur Contraction gebracht hatte, bedeutend zu verzögern. Durch diese Verzögerung wird der grössere Rest der Kraft, der zu weiterer Contraction benutzt wird, in der Arbeitsleistung unterstützt.

Wenn die Erschlaffung der ersten Zuckung in dem Moment, wo die zweite sich aufsetzt, schon erheblich um sich gegriffen hat, muss ein Theil der Kraft der zweiten Zuckung dazu verwendet werden, um die Bewegung der sich von einander entfernenden Theile aufzuhalten, und dieser Theil wird grösser sein, als derjenige, der bei Ausgangshöhe 0,68, im aufsteigenden Schenkel nur den inneren Spannungen das Gleichgewicht zu halten hatte. Daher der geringere Nutzeffect bei Ausgangshöhe im absteigenden Schenkel der ersten. Der geringere Nutzeffect bei Ausgangshöhe etwa in der Mitte des aufsteigenden Schenkels erklärt sich vielleicht so: Wenn in einem Querschnittstheile die Contraction von der ersten Zuckung her ihr Maximum erreicht hat, so kann durch weiteres

Hinzufügen gleichzeitig sich contrahirender Elemente durch den zweiten Reiz die Verkürzung nicht mehr vergrössert werden, es wird also ein Theil der vom zweiten Reiz ausgelösten Kraft nicht ausgenutzt und daher der Nutzeffect geringer.

Nach der Auffassung von Gad und Kohnstamm müsste ferner das Verhältniss von Höhe zur Wärme bei Summation isometrischer Zuckungen grösser sein, als bei Isotonie, weil bei Isometrie der Einfluss der Beschleunigung der Erschlaffung auf die Höhe wegfällt. Kohnstamm kommt durch seine Betrachtungen S. 152 zu dem entsprechenden Schlusse; er sagt: „Die Grösse des der isometrischen Summationscurve entsprechenden Umsatzes würde demnach, wie bei der Einzelzuckung der Höhe ungefähr proportional sein.“ Wir sehen aber auch hier, bei Summation isometrischer Zuckungen, das Gegentheil von dem, was nach Gad und Kohnstamm zu erwarten ist: das Verhältniss bei Isometrie immer kleiner als bei Isotonie, und zwar am kleinsten da, wo nach unserer Auffassung etwa die grösste Beschleunigung der Erschlaffung durch die Spannung zu erwarten ist.

Zu den Erörterungen Kohnstamm's habe ich schliesslich noch eins zu bemerken. Er stellt den Satz von der Verzögerung der Erschlaffung bei Isometrie so dar, als ob er eine „theoretische Folgerung“ sei aus der „mathematischen Entwickelung der Fick-Gad'schen Theorie“, wie er die Uebersetzung des Fick'schen Satztes in die mathematische Formelsprache nennt. Dadurch könnte das Missverständniss hervorgerufen werden, dass man Fick's Hypothese preisgeben müsste, wenn man die angebliche Folgerung verwirft. Das ist nicht der Fall, weil jener Satz thatsächlich nicht eine Folgerung ist, zu der die Theorie zwingt, sondern nur eine hypothetische Zuthat zu derselben. Meine entgegengesetzten Ansichten stehen ja auch auf demBoden der Theorie Fick's.

Ich glaube nun zur Genüge bewiesen zu haben, dass der Satz Gad's und Kohnstamm's den Thatsachen nicht gerecht wird. Mit dem Preisgeben dieses Satzes fallen natürlich auch alle daran geknüpften Folgerungen und Hypothesen, vor allem die Annahme Gad's dass der zweiten Process unter verschiedenen äusseren Bedingungen verschieden sein soll. Uebrigens machen es auch noch andere Erwägungen in hohem Grade unwahrscheinlich, dass das hypothe-

tische Zwischenproduct bald verbrannt wird, bald nach Aussen diffendirt.

Ich habe eingangs erwähnt, dass der Satz von dem beschleunigenden Einfluss der Spannung auf die Erschlaffung nicht nur das physikalische Postulat enthält, sondern auch die Hypothese, dass die Spannung auf den chemischen Process der Erschlaffung wirke. Ueber diese Hypothese seien mir hier noch einige kurze Bemerkungen gestattet.

Vorausschicken möchte ich eine Richtigstellung der Bezeichnungen in der von mir früher vertheidigten Theorie. Ich habe damals auseinandergesetzt, dass an der Verkürzung zwei Factoren[1]) betheiligt seien, und als Erschlaffungsprocess dann nur denjenigen bezeichnet, der den zweiten an der Contraction betheiligten Factor rückgängig macht. Es muss natürlich aber auch der ersten Factor seinen Erschlaffuugsprocess haben.

Der erste Factor besteht nach der von Pflüger und Fick vertretenen Contractionstheorie, der ich mich angeschlossen habe, in der Anziehung von Atomen in der Längsrichtung des Muskels Wenn die Atome sich angezogen haben, erschlafft der Muskel dadurch, dass die Atome sich loslösen von den Atomgruppen resp. Massen, mit denen sie bis dahin verbunden waren. Die Loslösung der Atome nach der Anziehung ist also der Erschlaffungsprocess des ersten Factors. Es ist klar, dass mit dieser Richtigstellung der Bezeichnung an dem Wesen der Theorie nichts geändert ist.

Unsere Hypothese dürfte nun wohl, soweit sie den Erschlaffungsprocess des ersten Factors betrifft, sehr plausibel erscheinen, wenn man bedenkt, dass die Atome, die die Theilchen des Muskels in der Längsrichtung, also entgegen der Spannung festhalten, nach der Contraction schon ohnehin die Tendenz zur Loslösung von diesen Theilchen haben.

Schwieriger wird es sein, sich die von mir auch angenommene Wirkung der Spannung auf den Erschlaffungsprozess des zweiten Factors verzustellen, weil wir über diesen zweiten Factor kaum Vermuthungenaufstellen können. Da ist mir nun eine Folgerung sehr

---

1) Dies Archiv Bd. 52 S. 122 u. Bd. 53 S. 416.

willkommen, die Gotschlich[1]) aus den Resultaten seiner interessanten, unter Heidenhain's Leitung angestellten Untersuchungen über die Längenänderung des Muskels durch Erwärmen zieht. Gotschlich stellt den Satz auf, dass verstärkte Belastung eine Beschleunigung des spontan ablaufenden Ausgleichungsvorganges der thermischen Dauerverkürzung bewirkt[2]). Dieser Satz scheint mir principiell übereinzustimmen mit meiner Annahme, dass die Spannung auch den Erschlaffungsprocess des zweiten Factors, die Restitution[3]) beschleunigt. Denn jener Ausgleichungsprocess und dieser Erschlaffungsprocess sind identisch, weil der zweite an der Contraction betheiligte Factor identisch ist mit dem die Starreverkürzung verursachenden Vorgang und daher auch nach Gotschlich's Auffassung sich an der thermischen Dauerverkürzung betheiligt. Gotschlich's Satz ist übrigens auf Grund ganz anderer Betrachtungen gewonnen, als meine entsprechende Hypothese.

(Aus dem physiologischen Institut zu Würzburg.)

Ueber die Bestimmung der Residualluft.

Von

Dr. Fritz Schenck.

Berenstein[3]), der nach dem Principe der Davy-Gréhant'schen Methode die Residualluft an einer Reihe von Individuen bestimmt hat, findet im Mittel bei erwachsenen Männern etwa 800 ccm und als Verhältniss der Residualluft zur Vitalcapacität 1 : 3,7 bis 1 : 5,8. Diese Zahlen stimmen sehr schlecht mit den von Gad

1) Dies Archiv Bd. 54 S. 109.
2) A. a. O. S. 161.
3) Dies Archiv Bd. 52 S. 117.
4) Dies Archiv Bd. 50 S. 363.

gefundenen, der nach seiner pneumatometrischen Methode die Residualluft etwa gleich der Hälfte der Residualluft fand[1]). Um die Ursachen dieser Verschiedenheiten aufzudecken, habe ich zusammen mit Herrn Dr. Rehfeld[2]) eine Untersuchung nach Gad's Methode angestellt, über die ich im Folgenden kurz berichten will.

Gad's Methode besteht bekanntlich darin, dass aus mittlerer Thoraxstellung eine forcirte thoracale Inspiration oder Exspiration gemacht wird, ohne dass Luft in den Thorax eindringen kann. Die Volumänderung des Thorax wird durch Einschliessen des ganzen Körpers in eine Art Plethysmograph direct bestimmt, die Druckänderung durch ein Manometer registrirt, das mit den Luftwegen in Verbindung steht. Aus der Volum- und Druckänderung lässt sich die im Thorax befindliche Luftmenge berechnen. Um die Residualluft zu erhalten, muss man von der berechneten Luftmenge noch diejenige abziehen, die aus den Lungen ausströmt, wenn man von der bestimmten mittleren Thoraxstellung aus tief exspirirt. Diese Luftmenge wird mit Hülfe derselben plethysmographischen Vorrichtung bestimmt.

Wir stellten nun zunächst folgenden schematischen Versuch an. Es wurde ein grosser Gummiballon mit Luft schwach aufgebläht, in den Plethysmographen gebracht und mit dem Manometer verbunden. Der Gummiballon wurde dann zusammengedrückt — es geschah dies durch eine Person, die zu diesem Zwecke sich unter dem Blechsturz des Plethysmographen befinden musste —, die so bewirkte Druckerhöhung und Volumverminderung wurde durch die Apparate registrirt und aus ihnen das Volum der Luft im Ballon berechnet. Der Versuch konnte so mehrmals nacheinander mit der gleichen Füllung des Ballons angestellt werden. Nun wurde die ganze im Ballon befindliche Luft in ein Hutchinson'sches Spirometer ausgetrieben und so auch bestimmt. Es war von vorneherein zu erwarten, dass die beiden Bestimmungen nicht genau übereinstimmende Resultate geben würden, sondern dass die Bestimmung nach Hutchinson etwas kleinere Werthe liefern würde, als die nach Gad, weil nicht die ganze nach Gad bestimmte Luft in das Spirometer auszutreiben war — es fehlte die Luft in den Verbindungsstücken. Die Unterschiede durften aber nur gering sein.

---

1) Tageblatt der 54. Naturforscherversammlung. Salzburg 1881.

2) Vergl. dessen Dissertation. Würzburg. 1893.

Folgende Zusammenstellung giebt die Resultate zweier in dieser Art angestellter schematischer Versuche. Die zu vergleichenden Luftvolumina sind für gleiche Temperatur berechnet.

I.

Die unter dem Blechsturz befindliche Person drückt den Gummiballon mit den Händen zusammen.

Die Bestimmung ergibt:

im Spirometer von Hutchinson	5866 ccm	
nach Gad (Mittel aus 12 Versuchen)	6000 „	Maximum 6610 Minimum 5440
Differenz	134 ccm d. i. 2% zu viel.	

II.

Der Ballon liegt auf einem Stuhl; die Compression wird dadurch bewirkt, dass die Person sich auf ihn setzt. Dies hatte den Zweck, einen etwaigen Fehler zu vermeiden, der durch Compression der Lungenluft bei verschlossener Glottis bedingt sein konnte, wenn man, wie in Versuch I, den Ballon mit den Händen angestrengt comprimirte.

Die Bestimmung ergiebt:

im Spirometer von Hutchinson	7025 ccm	
nach Gad (Mittel aus 10 Versuchen)	6943 „	Maximum 7360 Minimum 6110[1])
Differenz	82 ccm, d. i. 1,2% zu wenig.	

Die Resultate der Methode sind zufriedenstellend, wenn man das Mittel aus einer grösseren Zahl gleichartiger Einzelversuche nimmt. Die Resultate der Einzelversuche selbst schwanken freilich innerhalb weiter Fehlergrenzen.

Wir stellten nun nicht bloss in der besonderen von Gad angegebenen Art, die wir im Folgenden kurz Inspirationsversuch aus Mittelstellung (I. a. M.) und Exspirationsversuch aus Mittelstellung (E. a. M.) nennen wollen, Versuche an, sondern auch noch in folgender Weise: 1. Inspirationsversuche von tiefster Exspirationsstel-

1) Die nächste Zahl über dem Minimum ist 6520. Wenn man die vereinzelt dastehende niedrige Zahl 6110 als fehlerhaft ansieht und bei der Berechnung des Mittels ausschliesst, so erhält man für letzteres 7035 ccm, d. s. 10 ccm oder 0,15% zu viel.

lung aus (I. a. E.) — in diesem Falle erhält man durch die Berechnung der Lungenluftmenge direct die Residualluft; und schliesslich Exspirationsversuche aus tiefster Inspirationsstellung (E. a. I.) — hier erhält man die Residualluft, wenn man von dem berechneten Volum der Lungenluft die ganze Vitalcapacität abzieht.

In dem letzten Falle wurde die Vitalcapacität getrennt von den übrigen Versuchen bestimmt, wenn die Versuchsperson ausserhalb des Blechsturzes sich befand, da die Bestimmung der Vitalcapacität in der von Gad angegebenen Weise, wie wir sehen werden, mit Fehlern verknüpft ist.

Bemerken will ich hier, dass sämmtliche Volumina berechnet sind für Körpertemperatur und Tension des Wasserdampfes für Körpertemperatur.

Unsere vier verschiedenen Versuchsarten gaben nun bei derselben Person ganz verschiedene Resultate. In der folgenden Tabelle sind dieselben übersichtlich zusammengestellt.

Die in einer wagerechten Spalte stehenden Versuche sind von einer Versuchsperson unter gleichen Bedingungen zur selben

Tabelle I.

Nummer	Versuchsperson	Inspirations-Versuch aus Exspirationsstellung	Exspirations-Versuch aus Inspirationsstellung	(Gad's Anordnung) Aus mittl. Thoraxstellung	
				Inspirations-Versuch	Exspirations-Versuch
1	F. [1]	3220	3380	—	—
2	F. [1]	—	—	2960	2540
3	S.	1870	2770	—	—
4	S.	1590	2700	—	—
5	S.	1750	2530	—	—
6	S.	1867	2110	1985	1700
7	S.	1660	1900	1720	1400
8	S.	—	—	2430	1500
9	G.	2080	2030	—	—
10	G.	1950	2524	—	—
11	G.	1630	2340	—	—
12	G.	2250	2400	2640	2530

1) Während alle anderen Versuchspersonen im Alter von etwa 20—30 Jahren stehen, ist F. älter, hat gegen früher schon geringere Vitalcapacität und leidet etwas an Emphysem, daher die abnorm hohen Zahlen für die Residualluft vielleicht nicht fehlerhaft sind.

Zeit angestellt, und daher vergleichbar. Aus der Tabelle ist zu entnehmen: Es ergiebt der Inspirationsversuch aus tiefster Exspirationsstellung fast immer kleinere Werthe als der Exspirationsversuch aus tiefster Inspirationsstellung, bei mittlererer Thoraxstellung aber der Inspirationsversuch grössere Werthe als der Exspirationsversuch. Bei F. und S. geben Exspirationsversuche aus Inspirationsstellung die grössten, Exspirationsversuche aus Mittelstellung die kleinsten Werthe. Bei G. ist dagegen für den Versuch nach Gad's Art der grösste Werth erhalten.

Welches sind nun die Ursachen dieser Verschiedenheiten?

Berenstein glaubt, der Fehler in Gad's Methode sei bedingt einmal dadurch, dass bei dem Inspirationsversuch leicht, statt geathmet, gesaugt wird, und zweitens dadurch, dass bei den grossen Druckdifferenzen des Lungenluftraums der Verschluss nach aussen nicht vollständig sein könnte, so dass beim Versuche Luft eingesaugt wird. Ich glaube nicht, dass diese Fehlerquellen in unseren Versuchen eine Rolle gespielt haben, denn man müsste dies leicht an den gezeichneten Curven erkennen können. In dem Falle entsprechen nämlich die kleinen Aenderungen in Volum- und Druckcurve, die sich während eines Versuches immer zeigten, einander nicht. Bei einiger Aufmerksamkeit der Versuchsperson lassen sich diese Fehler leicht vermeiden.

Uebrigens würde dadurch nicht der Unterschied zwischen den Resultaten Gad's und Berenstein's erklärt sein. Denn der Betrag, um den der Werth durch Eindringen von Luft bei Gad zu gross würde, ist jedenfalls bedeutend kleiner, als der Unterschied der Zahlen Gad's und Berenstein's aus folgendem Grunde: Die Luft, die bei mangelhaftem Verschlusse der Maske oder des Mundstückes in die Athemwege eintritt, kommt aus dem Blechsturz und kann daher nur soweit durch den Volumschreiber angegeben werden, als sie durch Druckverminderung, Temperaturerhöhung und Zunahme der Wasserdampfspannung ihr Volum vermehrt. Eine einfache Betrachtung lehrt nun, dass mindestens 1 Liter Luft eingetreten sein müsste, um die Unterschiede zu erklären — das ist aber gar nicht möglich, weil das der Versuchsperson nicht entgangen sein kann.

Das was die verschiedenen Resultate bedingt, scheinen uns Verschiedenheiten in der Volumänderung der Darmgase zu sein, die gleichzeitig mit der Volumänderung der Lungenluft durch den Volumschreiber registrirt werden. Unsere Resultate würden dann

so zu erklären sein, dass die Volumänderung der Darmgase bei den verschiedenen Versuchsanordnungen verschieden gross ist.

Diese Volumänderung würde bei E. a. I. am grössten sein, kleiner bei I. a. M., noch kleiner bei I. a. E. und am kleinsten bei E. a. M., unter der Voraussetzung, dass die Volumänderung der Darmgase immer in gleichem Sinne ausfällt, wie die Volumänderung der Lungenluft. Unter dieser Vorraussetzung würde diese pneumatometrische Methode immer zu grosse Werthe geben.

Dass diese Voraussetzung zunächst einmal zutrifft für I. a. E. scheint uns aus folgendem Versuche hervorzugehen. Es wurden die Gase im Verdauungstractus künstlich vermehrt durch Auftreiben des Magens mit Kohlensäure, in der Weise wie der Kliniker es macht, um die Ausdehnung des Magens festzustellen. Die Versuchsperson nahm erst 1 Kaffeelöffel Natriumbicarbonat, danach 1 Kaffeelöffel Weinsäure. Kurz vor und gleich nach dem Auftreiben des Magens wurden Versuche angestellt, und zwar sowohl I. a. E. als E. a. I. vorgenommen. Die Resultate stehen in Tabelle III.

Tabelle II.

Nummer	Versuchs-person	Inspirationsversuch aus tiefster Exspirationsstellung vor der Auftreibung	nach der Auftreibung	Differenz	Exspirationsversuch aus tiefster Inspirationsstellung vor der Auftreibung Residualluft + Vitalcapacität	nach der Auftreibung Residualluft + Vitalcapacität	Differenz	Vital-capacität
1	S.	1590	1990	+400	7610	7200	−410	4900
2		1750	1950	+200	7430	7560	+130	
3	G.	1950	2145	+195	7474	7305	−169	4950
4		1630	1755	+125	7290	7112	−178	

Bei den Inspirationsversuchen zeigt sich immer eine grössere Zahl für die Residualluft, wenn die Magengase vermehrt sind. Da demnach sicher die Residualluft, — nach dieser Art bestimmt — zu gross ist, so dürfen wir auch schliessen, dass bei I. a. M. und E. a. I. die fast immer grössere Werthe geben, als I. a. E. auch zu grosse Zahlen erhalten werden, mithin die Volumänderung der Darmgase in gleichem Sinne wie die Volumänderung der Lungenluft vor sich geht.

Scheinbar sprechen dagegen die in Tabelle III aufgeführten E. a. I. vor und nach Auftreibung des Magens. Hier ist nach der Auftreibung in der Mehrzahl der Fälle ein kleineres Volum erhalten. Dies scheint uns aber daran zu liegen, dass nach der starken Auftreibung des Magens die Inspiration erschwert ist, so dass sie wohl nicht mehr so tief gemacht werden kann, mithin weniger Luft in den Lungenraum gelangt, als vorher.

Nun wird man fragen, ob die Werthe von E. a. M., die meist noch etwas kleiner sind, als die von I. a. E., der Wahrheit mehr entsprechen. Darauf ist mit Sicherheit keine Antwort zu geben, weil die Bestimmung des Theils, der von dem berechneten Volum in Abzug zu bringen ist, um die Residualluft zu geben, mit besonderen Fehlern verknüpft ist.

Diese Fehler sind folgende:

Der abzuziehende Theil wird berechnet aus dem Abstand des Standes des Volumzeichners bei Beginn des Exspirationsversuchs von seinem Stande bei tiefster Exspiration. Letzterer Stand fällt aber je nach Umständen verschieden aus, weil er abhängig ist von folgenden Factoren.

1. Erstens wird der Volumschreiber nicht bloss die Volumänderung angeben, die durch die Ausathmung von Luft aus den Lungen bedingt ist, sondern eine solche durch etwaige Compression der Darmgase bei tiefster Exspiration — dadurch wird der Stand des Zeichners zu tief, der abzuziehende Theil zu gross werden.

2. In dem aus sehr dünnem Kupferblech hergestellten, über Wasser stehenden Athemvolumschreiber wird die Temperatur der Luft gleich der Aussentemperatur sein. Die Temperatur der Luft im Blechsturz ist immer höher, wenn eine Versuchsperson unter ihm sitzt, in unseren Versuchen etwa um 10° C. Bei der tiefen Exspiration geht demnach kalte Luft aus dem Volumschreiber in den wärmeren Blechsturz und wird hier voraussichtlich durch die vom Körper ausstrahlende Wärme schnell auf die Temperatur der Blechsturzluft gebracht, also ausgedehnt. Das würde bewirken, dass der Stand des Zeichners zu hoch, der abzuziehende Theil zu klein wird. Der dadurch bedingte Fehler kann noch grösser werden, wenn die Versuchsperson die tiefste Exspirationstellung nicht lange genug anhält, so dass die darauf folgende Inspiration schon angefangen hat, ehe durch das enge Verbindungsstück die Luft vom

Volumschreiber in den Blechsturz ganz übergetreten ist. Zu letzterem ist nämlich eine merkliche Zeit erforderlich.

Es haben also auf den Stand des Volumzeichners bei tiefster Exspiration zwei Fehlerquellen in entgegengesetztem Sinne Einfluss und der Einfluss beider lässt sich gar nicht beim Einzelversuche abschätzen.

Diese Einflüsse werden sich übrigens auch geltend machen, wenn man gleich nach der tiefsten Exspiration eine tiefste Inspiration machen lässt, um daraus die Vitalcapacität zu bestimmen. Diese muss im Vergleich zur Bestimmung in gewöhnlicher Art zu gross ausfallen wenn der erste, zu klein wenn der zweite Factor überwiegt. Es steht nun diese Ueberlegung insofern in Uebereinstimmung mit unseren Versuchsresultaten, als in den Fällen der Tabelle II, wo die Residualluft, aus E. a. M. bestimmt, besonders kleine Werthe gibt (Nr. 2, 6, 7 und 8), der abzuziehende Theil also vielleicht zu gross war, auch die in entsprechender Weise gemessene Vitalcapacität grösser erhalten wurde, als nach anderer Bestimmung; sie betrug bei Person F. 3800, bei S. 5400 ccm, während die directe Bestimmung durch Einblasen in den Athemvolumschreiber 3600 resp. 4900 ergab. In dem Falle Nr. 12, wo die Residualluft einen grossen Werth ergiebt, mithin der abzuziehende Theil wohl zu klein bestimmt ist, war die Vitalcapacität 4200, während sie 4950 hätte sein müssen.

Diese Auseinandersetzung wird zur Genüge die Berechtigung unserer Behauptung darlegen, dass es zweifelhaft bleiben muss, ob E. a. M. zu grosse oder zu kleine oder richtige Werthe für die Residualluft giebt.

Aus dem Grunde haben wir diese Versuchsanordnung bei den Bestimmungen der Residualluft an einer Reihe von Personen auch nicht angewandt, sondern den Inspirationsversuch aus tiefster Exspirationsstellung, der zwar zu grosse Werthe liefert, aber von den drei zweifellos zu grosse Werthe liefernden Anordnungen immer noch die kleinsten. Es erschien von Interesse zu untersuchen, ob so Zahlen zu erhalten waren, die mit den Gad'schen übereinstimmen.

Die folgende Tabelle giebt die Resultate; neben den Werthen für die Residualluft enthält sie auch noch die für die Vitalcapacität, sowie das Verhältniss von Residualluft zu Vitalcapacität.

Die Werthe für die Residualluft sind immer die Mittelwerthe

aus einer Reihe von Einzelversuchen. Ausserdem habe ich auch noch die Minima der Einzelversuche angegeben. Dieselben sind durchweg immer noch erheblich grösser, als die Zahlen Berenstein's.

Tabelle III.

Nummer	Versuchsperson	Inspirations-Versuch		Vital-Capacität	Verhältniss von Residualluft und Vital-Capacität
		Mittel	Minimum		
1	G.	2080	1560	4950	1:2,4
2	S.	1870	1740	4900	1:2,6
3	Hf.	1620	1230	3780	1:2,3
4	Br.	1910	1670	4650	1:2,4
5	Schf.	1770	1630	4530	1:2,6
6	Schn.	1830	1660	4050	1:2,2
7	Schd.	1750	1500	4170	1:2,4
8	Z.	1450	1100	3990	1:2,8
9	V.	1900	(980 ?) [1] 1820	5170	1:2,7
10	Hs.	1310	1160	4050	1:3,1
11	Bt.	1870	1520	4450	1:2,4
					Mittel: 1:2,5

Die Werthe für die Residualluft und das Verhältniss von Residualluft zu Vitalcapacität sind kleiner, als nach Gad's Angaben zu erwarten war. Letzteres beträgt im Mittel 1 : 2,5 (Grenzen 1 : 2,1 und 1 : 3,1).

Da die Residualluft immer zu hoch bemessen ist, wird bei ein und derselben Person, an der mehrere Versuchsreihen ange-

1) Die kleine Zahl 980 steht in dieser Versuchsreihe vereinzelt da, die nächst höhere ist 1820; man darf doch wohl vermuthen, dass 980 ausserhalb der Grenzen des Beobachtungsfehlers liegt, und durch eine Zufälligkeit bedingt ist.

stellt worden sind, der niedrigste Werth der Wahrheit am nächsten kommen. An Person S. und G. sind mehrere Versuchsreihen zu verschiedenen Zeiten ausgeführt. Die kleinsten Werthe sind für S. 1590, für G. 1630 und das Verhältniss von Residualluft zu Vitalcapacität für S. 1 : 3,1, für G. 1 : 3,0.

In den Versuchen mit Auftreiben des Magens mit Kohlensäure hatte die Versuchsperson etwa 5 gr Natriumbicarbonat zu sich genommen, das giebt etwa 2,6 gr Kohlensäure, die bei 760 mm Druck und 37° etwa 1,5 Liter ausmachen würden. Da von dem Gas durch Resorption, als auch durch das unvermeidliche Aufstossen wohl schnell ein Theil aus dem Magen entweicht, so will ich das Volum geringer, etwa zu 1 Liter setzen. Die Vermehrung der Darmgase um 1 Liter würde dann in I. a. E. so zum Ausdruck kommen, dass die Residualluft dadurch etwa 200 ccm grösser erscheint. Die Residualluft beträgt nach unseren Versuchen (Mittel aus Tabelle III) 1760, bei Berenstein dagegen 796, also beinahe 1000 cmm weniger. Wenn die Zahl Berenstein's richtig wäre, müsste demnach unsere fehlerhafte Zahl bedingt sein durch etwa 5 Liter Darmgase. Das ist nun doch wohl unwahrscheinlich und es liegt da die Vermuthung nahe, dass Berenstein's Werthe zu klein sind.

Wenn ich übrigens Berenstein recht verstehe, so dürfen unsere Resultate nicht ohne Weiteres verglichen werden, weil Berenstein's Zahlen für andere Temperaturen und Wasserdampfspannungen gelten, als unsere, nämlich für die Temperatur des zweiten Spirometers. Da es wohl am richtigsten ist, die Volumina anzugeben für die Temperatur, die ihnen im Körper zukommt, so müssten dann Berenstein's Zahlen um mindestens 10 % grösser angenommen werden. Um diese 10 % vergrössert werden müssten übrigens die Volumina der Residualluft, der Maske und des Verbindungsschlauches zusammen, weil nach der tiefsten Exspiration auch in den Verbindungsstücken zweifellos wärmere Luft enthalten ist, als im Spirometer II, und von dem so corrigirten Volum wären die 250 cmm für die Verbindungsstücke abzuziehen. Als Mittelwerth erhalten wir dann etwa 900 cmm und die höchsten Werthe Berenstein's sind dann wenig von unseren niedrigsten verschieden.

Schliesslich scheint uns in Berenstein's Versuchen die Möglichkeit nicht sicher ausgeschlossen, dass eine mangelhafte

Mischung der Gase einen Fehler bedingt hat. Dieser Fehler würde immer zu kleineren Werthen führen, als der Wahrheit entspricht. Das ist bei der Athmung gegen das erste Spirometer ohne Weiteres klar; aber auch bei der Athmung gegen das zweite Spirometer kann ein solcher Fehler eine Rolle spielen, weil zu Beginn derselben die wasserstoffreiche in den Anfangstheilen der Luftwege befindliche Luft beim Einathmen aus tiefster Exspirationsstellung tief in die Lungen zurückgezogen wird und so die Bedingungen zu einer unvollständigen Mischung mit der Spirometerluft gegeben sein könnten.

Wir möchten deshalb die Vermuthung aussprechen, dass Berenstein's höchste Werthe dem wahren mittleren Werthe näher stehen, als das von ihm angegebene Mittel.

Verschiedene Autoren, so Pflüger und Kochs[1]), Speck[2]) u. A. haben die Residualuft so bestimmt, dass sie den Thorax in bestimmter Stellung festhielten und durch Druckänderung Luft aus- oder eintreten liessen. Aus dem Volum der aus- resp. eingetretene Luft und den Drucken lässt sich die Residualluft berechnen. Die Versuche haben wechselnde Resultate gegeben, offenbar weil man den Thorax nur schwer in bestimmter Stellung einige Zeit festhalten kann und weil die Thoraxwand den Druckänderungen nachgiebt. Jene Autoren machen selbst schon auf diese Schwierigkeiten aufmerksam.

Ich habe nun versucht, auch nach dem Principe dieser Methode und zwar nach dem speciell von Speck angewandten Verfahren die Residualluft zu bestimmen und die Schwierigkeiten so gering wie möglich zu machen gesucht dadurch, dass ich die Druckdifferenzen sehr gering — nicht über 10 cm Wasser — das übertretenden Luftvolum klein und die Verbindung zwischen Lungenluftraum und dem Raume, in dem die Luft aus den Lungen eintritt, möglichst weit machte, so dass der Ausgleich schnell vor sich gehen konnte. Der Luftbehälter enthielt in meinen Versuchen 165 ccm.

---

1) Dies Archiv Bd. 29 S. 244.

2) Physiol. des menschlichen Athmens S. 95.

So erhielt ich bei Person S. in 2 Versuchsreihen zu je 8 Einzelversuchen im Mittel einmal 1434 ccm (Grenzen 1147 und 2065), das andere Mal 1448 ccm (Grenzen 1184 und 1711)[1]; bei Versuchsperson F. 2938 ccm (Grenzen 2516 und 3380).

Ein einfacheres Verfahren nach demselben Principe ist folgendes: Man stellt eine unten nicht zu enge Bürette in ein weites Gefäss mit Wasser, so dass der 0-Punkt der Bürettenscala etwa 15 cm über dem Wasserspiegel steht. Auf die Bürette wird oben ein kurzes Stück weiten Gummischlauchs, das durch Quetschhahn verschliessbar ist, aufgesetzt und darauf ein Ansatzrohr aus Glas, das in ein Nasenloch sich bequem und luftdicht einsetzen lässt. Das Wasser wird aufgesogen bis zum 0-Punkt. Dann setzt die Versuchsperson das Ansatzrohr in ein Nasenloch, athmet bei geschlossenem Munde durch das andere freie tief aus, verschliesst in dem Moment, wo sie glaubt in tiefster Exspiration einige Secunden stillhalten zu können, das andere Nasenloch mit dem Finger. Der Quetschhahn wird geöffnet, und wieder sehr bald darauf geschlossen, nachdem das Niveau des Wassers in der Bürette nicht mehr sinkt. Das aus dem Lungenluftraum ausgetretene Luftvolum lässt sich dann an der Bürette direct ablesen, ebenso ist der Druck, unter dem die Residualluft am Schlusse des Versuches steht, einfach zu bestimmen; derselbe ist gleich dem Barometerstand vermindert um den Druck der in der Bürette befindlichen, über dem Wasserspiegel des Gefässes stehenden Wassersäule. Man hat damit die zur Berechnung nöthigen Grössen. Genau genommen müsste noch eine Correctur vorgenommen werden, weil die Luft, die sich zu Beginn des Versuches zwischen Quetschhahn und 0-Punkt der Bürette befindet, am Ende des Versuches unter anderem Druck steht als am Anfang. Ich habe in meinen Versuchen diese Correctur nicht gemacht, weil eine einfache Betrachtung lehrte, dass sie sehr gering ausfiel.

Diese Vereinfachung führte übrigens nicht zu besseren Resultaten, als die früher schon angewandten Verfahren. Die Resultate schwankten innerhalb weiter Grenzen. Es gelingt erst nach einiger Uebung, einigermaassen zufriedenstellende Versuche zu erhalten.

---

1) Die Werthe sind auch hier berechnet für Temperatur und Wasserdampfspannung von 37°.

Als Mittel aus 50 Einzelversuchen ergab sich so bei Versuchsperson S. 1308 ccm (Grenzen 952 und 1899). Für Zimmertemperatur berechnet würden das etwa 1180 ccm sein; diese Zahl entspricht also auch den höchsten Werthen Berenstein's. Das Verhältniss von Residualluft zu Vitalcapacität wäre nach dieser Bestimmung 1:3,7.

(Aus dem physiologischen Institut zu Würzburg.)

Ueber Bestimmung und Umsetzung des Blutzuckers.

Von

Dr. **Fritz Schenck.**

In Nr. 17 des Jahrgangs 1892 des Centralblatts für Physiologie giebt Seegen eine Kritik einiger neuen Methoden der Zuckerbestimmung im Blute, darunter auch einer von mir angegebenen[1]). Nach dieser wird mit Salzsäure und Kaliumquecksilberjodid enteiweisst und im Filtrate nach Entfernung des Quecksilbers mit Schwefelwasserstoff der Zucker bestimmt. Seegen berichtet, dass es ihm so selten gelungen ist, ein gutes Resultat zu erlangen, weil das Coagulum schmierig war, die Filtration und das Auswaschen des Coagulums langsam vor sich ging und die Ausfällung mit Schwefelwasserstoff häufig unvollständig war. Er vermuthet, dass ich bessere Resultate erhalten habe, weil ich die Methode wahrscheinlich anders ausgeübt habe, als er. Das ist auch so; ich will daher hier kurz auf diesen Punkt hinweisen, da wahrscheinlich die Verschiedenheiten in der Ausführung an dem Mangel an Uebereinstimmung unserer Angaben schuld sind.

Seegen hat nämlich nicht die Vorschriften, die ich gegeben habe, beachtet. Er wäscht das Coagulum und den Schwefelwasserstoffniederschlag aus — davon ist aber in der Beschreibung

1) Dies Archiv Bd. 47. S. 621.

meiner Methode keine Rede. Es steht da ausdrücklich[1]), dass ich die Gesammtflüssigkeit vor der Filtration auf ein bestimmtes Volum bringe und schliesslich einen aliquoten Theil des Filtrats zur weiteren Analyse benutzte. Besondere Zahlenangaben habe ich dort nicht gemacht, weil die Volumina der Flüssigkeiten bei verschiedenen Analysen je nach Umständen verschieden genommen wurden. So habe ich z. B. für die Bestimmung im Serum wegen der geringeren Menge des Coagulums meist auf ein kleineres Volum aufgefüllt, als bei der Analyse von Blut. Bei letzterer verfuhr ich meist so, dass von 50 ccm Blut 300 ccm Gesammtflüssigkeit erhalten wurde. Nach Ausfällen des Quecksilbers wurden 150 ccm des Filtrats zur weiteren Analyse benutzt, die demnach 25 ccm Blut entsprachen.

Uebrigens mag zu meinen besseren Resultaten auch noch der Umstand beigetragen haben, dass in meinen Versuchen meist ein beträchtlicher Ueberschuss des Fällungsmittels vorhanden war, nicht aber bei Seegen. Ich habe früher nicht darauf aufmerksam gemacht, weil ich es nach meinen Versuchen für gleichgültig erachten musste, ob etwas mehr oder weniger Ueberschuss von dem Kaliumquecksilberjodid zugesetzt wird. Ich stellte nämlich zuerst die Versuche so an, dass ich gerade die zur Ausfällung erforderliche Quantität zusetzte und erhielt dabei gute Resultate. Nachdem ich mir so Aufklärung verschafft hatte, wieviel ungefähr von meiner Lösung zur Ausfällung nöthig war, und nachdem ich mich durch Controlversuche auch noch davon überzeugt hatte, dass die in Folge der Methode in die zu titrirende Flüssigkeit gelangenden Salze die Titration selbst in keiner Weise störten, setzte ich in allen weiteren Versuchen das Fällungsmittel von vorne herein in solchem Ueberschuss zu, dass danach eine vollständige Ausfällung zu erwarten war, und auch immer erhalten wurde. Möglich, dass ich es dem zu verdanken habe, dass ich immer ein Coagulum erhielt, von dem gut zu filtriren war.

Wenn man so verfährt und auch nicht zu wenig Säure zusetzt, gelingt die Ausfällung mit Schwefelwasserstoff immer prompt; ich brauchte nie länger als höchstens 10 Minuten durchzuleiten, um alles Quecksilber zu entfernen. Ich vermuthe, dass bei Seegen die Ausfällung deshalb nicht gelungen ist, weil die Lösung zu stark verdünnt und zu schwach sauer war; es hätte dann der Zu-

1) a. a. O. S. 622.

satz von einigen Tropfen Salzsäure genügt, um die Ausfällung zu vervollständigen.

Es fällt also bei dieser Methode das zeitraubende und unsichere Auswaschen, besonders des Coagulums weg. Wenn Seegen das bedenkt, dürfte er wohl kaum noch dieselbe als „sehr complicirt“ bezeichnen.

Allerdings ist die Methode theuer. Ich habe deshalb jüngst statt des Jodids das billigere Sublimat verwandt, das noch dazu zu seiner Lösung nicht der Gegenwart seines entsprechenden Kaliumsalzes bedarf. Das Sublimat ist zu demselben Zwecke schon von Harley[1]) gebraucht worden; freilich wäscht dieser auch das Coagulum aus.

Auch die Ausfällung mit Sublimat gab gute Resultate. Ich verfahre bei der Bestimmung des Zuckers so: 50 ccm Blut werden mit Wasser auf 100 ccm aufgefüllt, diese Lösung wird versetzt zuerst mit 100 ccm 2 $^0/_0$iger Salzsäure und dann mit 100 ccm 5 $^0/_0$iger Sublimatlösung. Die Abmessung der Volumina muss genau in Messkolben geschehen. Dann wird filtrirt, durch das Filtrat Schwefelwasserstoffgas geleitet, nach 10 Minuten ist alles Quecksilber ausgefällt. Dann wird wieder filtrirt, vom Filtrate werden 150 ccm abgemessen, daraus der Schwefelwasserstoff durch Durchleiten von Luft mit der Wasserstrahlpumpe entfernt, dann neutralisirt, eingedampft bis zur erforderlichen Concentration (in den folgenden Versuchen immer auf 100 ccm). Titration nach Knapp.

Ueber die Brauchbarkeit der Methode geben die in der Tabelle I mitgetheilten Analysen Aufschluss, in denen untersucht wurde, ob der dem Blute zugesetzte Zucker ganz wieder zu finden war.

Bei der Bestimmung im Blute, dem kein Zucker vor der Enteiweissung zugesetzt war, bediente ich mich wieder, wie früher, mit Vortheil des Kunstgriffs, durch Zusatz von einer genau bestimmten Menge Zuckers zu dem eingedampften Filtrate die Concentration der zu titrirenden Flüssigkeit grösser und dadurch zur Titration geeigneter zu machen. In diesem Falle wird der Ueberschuss über den zugesetzten Zucker bestimmt; der Zuckergehalt der zu titrirenden Lösung wurde dann immer so bemessen, dass er theoretisch genau so gross sein musste, wie in der Lösung, die bei

1) The journal of physiology. XII. S. 391.

Tabelle I.

Nummer	Blutart	Zugesetzter Zucker in gr	Analyse m. Zuckerzusatz nach der Fällung (berechnet auf 50 ccm Blut)	Analyse mit Zuckerzusatz vor der Fällung	Der durch die Fällung bedingte Fehler beträgt: absolut	in Prozenten des zugesetzten Zuckers	Bemerkungen
1	defibrinirtes Ochsenblut	0,244	0,269	0,2695	+ 0,0005 gr	+ 0,2	
2	„ „	0,240	0,280	0,288	+ 0,008	+ 3,3	
3	„ „	0,240	0,276	0,276	0	0	
4	„ „	0,455	0,466	0,474	+ 0,008	+ 1,8	
5	„ Schweineblut	0,450	0,473	0,488	+ 0,015	+ 3,3	
6	„ Ochsenblut	0,455	0,465	0,472	+ 0,007	+ 1,5	24 Stunden altes Blut
7	„ „	0,455	0,455	0,458	+ 0,003	+ 0,7	48 „ „ „
8	„ „	0,450	0,451	0,462	+ 0,011	+ 2,4	48 „ „ „
9	„ Schweineblut	0,360	0,392	0,397	+ 0,005	+ 1,4	30 „ „ „
10	„ Hammelblut	0,450	0,449	0,451	+ 0,002	+ 0,4	48 „ „ „
					Mittlerer Fehler	+ 1,5 %	

Bestimmung mit Zusatz vor der Fällung des Eiweiss für die Titration erhalten wurde. Der Zucker wurde immer in Lösung zugesetzt. In der Tabelle sind die Resultate der Analysen mit Zuckerzusatz vor und nach der Fällung einander gegenüber gestellt.

Die Methode ist, wie leicht zu ersehen, mit dem Fehler behaftet, dass das Volum der Niederschläge bei der Berechnung nicht berücksichtigt wird. Dieser Fehler ist aber gering, denn in der erhaltenen Gesammtflüssigkeit sind etwa nur 3 Gewichtsprocente Eiweiss. Der Fehler kommt in den Analysen so zum Ausdruck, dass für den zugesetzten Zucker fast immer zu viel erhalten wird. Der Fehler beträgt in den mitgetheilten Analysen im Mittel 1,5 %. Abgesehen davon, dass der Fehler geringer ist, als der bei anderen Methoden der Zuckerbestimmung zu erhaltende, spielt er bei vergleichenden Untersuchungen keine Rolle, und könnte übrigens noch in der Art verkleinert werden, dass man ein grösseres Volum für die Gesammtflüssigkeit nimmt.

Seegen erwähnt übrigens gar nicht die andere Methode, die ich a. a. O. empfehle, nämlich die Zuckerbestimmung im Dialysat des Blutes. Was die Ausführung dieser Bestimmung und die Verwendbarkeit der Methode anlangt, so verweise ich auf meine früheren Ausführungen.

Ich hebe hier nur nochmals meine damalige Angabe hervor, dass ich die Zuckerumsetzung im Blute, die bekanntlich leicht beim Stehen des Blutes statt hat, bei der Dialyse verhindert habe durch Ansäuern des Blutes. Dieser Zuckerumsetzung ist gerade in letzter Zeit besondere physiologische Bedeutung zugeschrieben worden. Es erschien mir daher wünschenswerth, meine Beobachtungen von früher durch weitere zu bestätigen, weil sie mir einiges Licht auf jenen Vorgang zu werfen scheinen.

In den Versuchen, die ich anstellte, war dem Blute immer Zucker zugesetzt. Es wurde zunächst der Zuckergehalt der Mischung direct bestimmt, dann eine Portion davon angesäuert, die andere nicht angesäuert stehen gelassen und danach diese Portionen der Analyse unterworten. Alles Weitere ergiebt sich aus der folgenden Tabelle II.

Die Analysen bestätigen meine frühere Angabe, insofern als im angesäuerten Blute kein Zuckerverlust zu erhalten war; nur in einem Falle (2) zeigt er sich, ist hier aber auch so gering, dass er noch innerhalb der Fehlergrenzen der Methode liegen könnte.

Tabelle II.

Nummer	Blutart und -Menge	Zucker im Blut nach directer Bestimmung	In dem alkalischen Blute sind wiedergefunden	d. i. ein Fehler von: absolut	in %	In d. ausgesäuerten Blute sind wiedergefunden	d. i. ein Fehler von absolut	in %	Bemerkungen
	A. Das Blut steht 24 lang bei Zimmertemperatur.								
1	50 ccm Ochsenblut defibrinirt	0,2695 gr	0,245 gr	−0,0245gr	− 9,1	0,272 gr	+0,0025gr	+ 0,9	
2	50 ccm Ochsenblut defibrinirt	0,288 „	0,242 „	−0,046 „	− 16,0	0,277 „	−0,011 „	− 3,8	
3	50 ccm Ochsenblut defibrinirt	0,276 „	0,244 „	−0,032 „	− 11,6	0,279 „	+0,003 „	+ 1,1	
				Mittel	− 12,2		Mittel	− 0,6	
	B. Das Blut steht im Brütofen bei einer Temperatur von 39° C.								
4	30 ccm Hundeblut ungeronnen	0,465 gr	0,458 gr	−0,007 gr	− 1,5	0,466 gr	+0,001 gr	+ 0,2	Das Blut stand 4 Stunden. Der Hund hat 4 Tage hindurch vor der Blutentziehung gehungert.
5	50 ccm Ochsenblut defibrinirt	0,474 „	0,472 „	−0,002 „	− 0,4	0,472 „	−0,002 „	− 0,4	Das Blut stand 3 Stunden.
6	50 ccm Ochsenblut defibrinirt	0,426 „	0,414 „	−0,012 „	− 2,8	0,435 „	+0,009 „	+ 2,1	„ „ „ 6 „
7	50 ccm Ochsenblut defibrinirt	0,347 „	0,343 „	−0,004 „	− 1,2	0,355 „	+0,008 „	+ 2,3	„ „ „ 5 „
8	50 ccm Hundeblut defibrinirt	0,353 „	0,324 „	−0,029 „	− 8,2	0,353 „	0	0	„ „ „ 5½ „
				Mittel	− 2,82		Mittel	+ 0,84	

Freilich ist auch häufig im alkalischen Blute kein Zuckerverlust gefunden worden unter solchen Bedingungen, unter denen nach Lépine immer erhebliche Verluste auftreten sollen.

Die Zersetzungen, die der Traubenzucker in alkalischer Lösung schon bei Zimmertemperatur erleidet, sind bekanntlich Oxydationen. Es liegt die Vermuthung nahe, dass die Zuckerumsetzung im Blute auch eine Oxydation sei, eine Vermuthung, die gestützt wird durch Kraus'[1]) Beobachtung, dass die Zuckerumsetzung im Blute unter Abspaltung von Kohlensäure erfolgt.

Dieser Oxydation der Kohlehydrate aber physiologische Bedeutung zuzuschreiben, scheint mir unzulässig, weil das der gut begründeten Annahme widerspricht, dass der Ort der physiologischen Verbrennungen im thierischen Organismus die Gewebe, nicht das Blut sind. Man würde deshalb die neueren Theorien von Lépine[2]) zurückweisen müssen.

Uebrigens weist Kraus darauf hin, dass die Zuckerumsetzung nicht etwa bloss auf die alkalische Reaction bezogen werden darf, und Arthus[3]) hat es wahrscheinlich gemacht, dass die besonderen Bedingungen zur Zuckerumsetzung durch postmortale Vorgänge geschaffen werden.

Arthus giebt nämlich an, dass Zusatz gewisser Substanzen zum ungeronnenen Blute, die den Zerfall der Leucocyten hemmen, auch den Zuckerumsatz im Blute vermindern. Ich kann seine Beobachtungen, was die Wirkung der Oxalate anlangt, bestätigen, wie das aus den Analysen der folgenden Tabelle III zu entnehmen ist.

In den Versuchen wurde das ungeronnene Blut mit Kaliumoxalatlösung und Zucker versetzt, der Zuckergehalt direct bestimmt dann eine Portion ohne weiteren Zusatz bei 39° im Brütofen stehen gelassen, eine zweite nach Zusatz von Calciumchlorid, wodurch die Gerinnung hervorgerufen wurde.

Im ungeronnenen Blute ist niemals ein Zuckerverlust erhalten worden, im geronnenen in der Regel. Ob letzterer aber wirklich nur auf Zerstörung des Zuckers zurückzuführen ist, scheint mir

1) Zeitschr. f. klin. Medic. 21. 1892. S. 315.

2) Le ferment glycolytique et la pathogenie du diabète. Paris 1891.

3) Arch. de physiol. (5) III. S. 425. Soc. de Biol. 1891. S. 65. Arch. de physiol. (5) IV. S. 337.

Tabelle III.

Nummer	Blutart und -Menge	Zuckergehalt nach directer Bestimmung	Das ungeronnene Blut enthält	d. i. ein Fehler von: absolut	d. i. ein Fehler von: in %	Das geronnene Blut ergiebt	d. i. ein Fehler von: absolut	d. i. ein Fehler von: in %	Bemerkungen
1	15 ccm Kaninchenblut	0,324 gr	0,319 gr	— 0,005 gr	— 1,6	—	—	—	Nach $1^1/_2$ Stunden Stehen im Brütofen.
2	20 ccm Kaninchenblut	0,294 „	0,291 „	— 0,003 „	— 1,0	0,274 gr	— 0,020 gr	— 7,3	Nach $1^1/_2$ Stunden Stehen im Brütofen. Das Thier hat $2^1/_2$ Tage gehungert.
3	15 ccm Kaninchenblut	0,274 „	0,283 „	+ 0,009 „	+ 3,3	0,274 „	0	0	Nach $1^1/_2$ Stunden Stehen im Brütofen. Das Thier hat $3^1/_2$ Tage gehungert.
4	30 ccm Hundeblut	0,458 „	0,458 „	0	0	0,345 „	— 0,113 „	— 25,0	Nach 4 Stunden Stehen im Brütofen. Der Hund hat 4 Tage gehungert.
5	50 ccm Pferdeblut	0,349 „	0,343 „	— 0,006 „	— 1,7	0,261 „	— 0,088 „	— 25,2	Nach 4 Stunden Stehen im Brütofen.
6	50 ccm Hundeblut	0,405 „	0,385 „	— 0,020 „	— 4,9	0,317 „	— 0,088 „	— 21,7	Nach 5 Stunden Stehen im Brütofen.

zweifelhaft aus folgendem Grunde. In Tabelle III Versuch 4 ist in dem geronnenen Blute ein Verlust von 25% vorhanden. Dasselbe Blut wurde nun auch zu der Analyse Tabelle II, Versuch 4 benutzt — hier zeigt sich in dem alkalischen Blute aber gar kein Verlust. Das legt die Vermuthung nahe, dass der Zucker nicht zerstört ist, sondern durch das Gerinnsel niedergerissen und an demselben mechanisch haften geblieben ist, ähnlich wie er auch bei anderen Eiweisscoagulationen niedergerissen wird. Uebrigens scheint es mir nicht ausgeschlossen, dass auch in den Untersuchungen von Lépine und Barral die Zuckerverluste mit bedingt sind durch die Methode der Eiweissfällung. Die von Lépine und Barral angewandte Fällung mit Natriumsulfat in siedendem Wasser ist ja nach Röhmann[1]) mit einem Fehler behaftet, der bis 24% Deficit betragen kann und der um so grösser ist, je älter das Blut.

Lépine führt den Diabetes bekanntlich zurück auf Verminderung oder Fehlen des „glycolytischen Ferments" im Blute, weil er beobachtet hat, dass der Zuckerumsatz im diabetischen Blute geringer ist, als im normalen. Freilich konnte Kraus[2]) diese Angabe nicht bestätigen, und Arthus[3]) und Kraus bestreiten auch die Beweiskraft der Beobachtungen Lépine's, weil die absolute Zuckerumsetzung im diabetischen Blute nicht geringer ist, nur die relative (berechnet in Procenten des im Blute vorhandenen Zuckers). Dieser Auslegung steht allerdings wieder die Behauptung Lépines entgegen dass der absolute Verlust im normalen Blute mit dem Zuckergehalt wächst[4]). Sollte Lépine's Beobachtung nicht auf einem Irrthum beruhen, so würde im Anschluss an meine Beobachtung die Frage aufzuwerfen sein, ob der geringere Verlust vielleicht nur bedingt ist durch die geringere Alkalescenz des diabetischen Blutes.

1) Centralblatt f. Physiologie. 12. April 1890 Heft 1.
2) a. a. O.
3) a. a. O.
4) a. a. O. S. 10.

(Aus dem physiologischen Institut zu Bonn.)

Ueber die elementare Zusammensetzung des Hundeharnes nach Fleischnahrung.

Von

Franz Meyer

aus Frankfurt am Main.

Für die Untersuchung des Stoffwechsels, das heisst zur Feststellung der Bilanz der Einnahmen und Ausgaben des Körpers, ist es nothwendig, die elementare Zusammensetzung sowohl der eingenommenen wie der ausgegebenen Stoffe zu bestimmen.

Da nun für die Frage der Ernährung kein Stoff wichtiger ist als das Fleisch, so kommt es sehr darauf an, einmal die elementare Zusammensetzung des Fleisches und dann des Fleischharnes und Fleischkothes zu ermitteln.

Die bis jetzt veröffentlichten wenigen Analysen des Harnes sind nach alten, zum Theil unzuverlässigen Methoden ausgeführt und zeigen untereinander ziemlich beträchtliche Unterschiede, so dass es wichtig schien, mit den neuen und vollkommneren Methoden diese Versuche zu wiederholen. Professor Pflüger[1]) sagt in seiner vor wenigen Wochen erschienenen Abhandlung „über einige Gesetze des Eiweissstoffwechsels": „Wünschenswerth, ja nothwendig erscheint jetzt noch eine Untersuchung über die elementare Zusammensetzung des Fleischharnes und des natürlichen und fettfreien Fleischkothes beim Hunde. Denn auch diese Zahlen stützen sich auf wenige Analysen Voit's und beeinflussen die Bilanzrechnungen. Auf den Rath des Herrn Professor Pflüger habe ich deshalb die folgende Untersuchung des Fleischharnes unternommen.

Ehe ich nun die angewandten Methoden und die Resultate dieser Untersuchung angebe, möchte ich in Kürze eine Uebersicht der von Voit[2]) veröffentlichten Analysen und der wenigen Zahlen von Rubner[3]) folgen lassen.

1) Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 54.

2) Zeitschr. f. Biologie. Bd. I. p. 141—147.

3) Zeitschr. f. Biologie. Bd. 19. S. 228.

Elementaranalysen des Fleischharnes vom Hunde, nach Voit.

I. **Nahrung:** 1500 gr Fleisch. Gesammtmenge des Harnes (24 stündig) 960 ccm.

Der Harn enthält 16,10% feste Theile; 1,73% Asche.

Prozentige Zusammensetzung des Fleischharnes nach Abzug der Asche:

C	25,5
H	6,7
N	37,5
O	30,3
	100,0

Das Verhältniss von C zu N ist wie 1:1,47.

C:N = 0,68.

Diese ist die einzige Voit'sche Analyse des Harnes nach ausschliesslicher und ausreichender Ernährung mit Fleisch.

Da indessen zu den zwei folgenden Analysen Harn benutzt wurde, der dem Fleischharn, weil der Zusatz an Stärke resp. Fett zur Nahrung verhältnissmässig gering ist, sehr nahe steht, so können wir sie wohl als hierher gehörig betrachten.

II. **Nahrung:** 1500 gr Fleisch und 60 gr Fett. Menge des Harnes 1104 ccm.

Der Harn enthält 12,58% feste Theile und 1,47% Asche.

Prozentige Zusammensetzung des Harnes nach Abzug der Asche:

C	26,2
H	6,6
N	40,3
O	26,9
	100,0

Das Verhältniss von C zu N ist wie 1:1,54.

C:N = 0,65.

III. **Nahrung:** 1500 gr Fleisch und 200 gr Stärke. Menge des Harnes 1109 ccm.

Der Harn enthält 12,27% feste Theile und 1,31% Asche.

Prozentige Zusammensetzung des Harnes nach Abzug der Asche:

C	24,4
H	6,9
N	39,0
O	29,7
	100,0

Das Verhältniss von C zu N ist wie 1:1,60.

C:N = 0,63.

Es finden sich dann weiter noch einige Bestimmungen von C und N und deren Verhältnisszahlen.

1. Nahrung 1500 gr Fleisch.
   Menge des Harnes 1174 mit 118,9 $\overset{+}{U}$.
   5 ccm Harn gaben 0,5503 CO_2 = 0,1501 C.
   Verhältniss von C zu N ist wie 1 : 1,65.
   C : N = 0,61.

2. Nahrung 1500 gr Fleisch.
   Menge des Harnes 1012 mit 100,41 $\overset{+}{U}$.
   5 ccm Harn gaben 0,5650 CO_2 = 0,1541 C.
   0,4270 H_2O = 0,0474 H.
   Verhältniss von C zu N ist wie 1 : 1,57.
   C : N = 0,64.

3. Nahrung 1500 gr Fleisch.
   Menge des Harnes 1177 mit 115,02 $\overset{+}{U}$.
   5 ccm Harn gaben 0,5320 CO_2 = 0,1451 C.
   0,4140 H_2O = 0,046 H.
   Verhältniss von C zu N ist wie 1 : 1,64.
   C : N = 0,61.

4. Nahrung 1500 gr Fleisch + 60 gr Fett.
   Menge des Harnes 1139 mit 107,6 $\overset{+}{U}$.
   5 ccm Harn gaben 0,5260 CO_2 = 0,1434 C.
   Verhältniss von C zu N ist wie 1 : 1,62.
   C : N = 0,62.

Der Vollständigkeit wegen führe ich noch die 6 übrigen Voit'schen Analysen an, zum Theil Analysen des Hungerharnes zum Theil nach Ernährung mit Fleisch und Fett resp. Kohlehydraten, d. h. gemischter Nahrung.

Analysen des Hungerharnes.

I. Menge des Harnes 184 ccm.
   Der Harn enthält 11,78% feste Theile und 0,98% Asche.
   Prozentige Zusammensetzung des Harnes nach Abzug der Asche:

C 26,1
H 7,2
N 34,9
O 31,8

100,0

Das Verhältniss von von C zu N ist wie 1 : 1,34.

C : N = 0,75.

II. Menge des Harnes 167 ccm.

Der Harn enthält 12,82% feste Theile und 1,54% Asche.

Prozentige Zusammensetzung des Harnes nach Abzug der Asche:

C	24,9
H	5,6
N	31,8
O	37,7
	100,0

Das Verhältniss von C zu N ist wie 1 : 1,28.

C : N = 0,78.

III. Menge des Harnes 124 ccm.

Der Harn enthält 14,92% feste Theile und 1,73% Asche.

Prozentige Zusammensetzung des Harnes nach Abzug der Asche:

C	25,7
H	6,4
N	36,5
O	31,4
	100,0

Das Verhältniss von C zu N ist wie 1 : 1,42.

C : N = 0,70.

Analysen des Harnes nach gemischter Nahrung.

I. Nahrung 400 gr Fleisch und 400 gr Stärke. Menge des Harnes 694 ccm.

Der Harn enthält 5,92% feste Theile und 0,70% Asche.

Prozentige Zusammensetzung des Harnes nach Abzug der Asche:

C	27,4
H	6,3
N	43,1
O	23,2
	100,0

Das Verhältniss von C zu N ist wie 1 : 1,57.

C : N = 0,64.

II. Obwohl die Nahrung hierbei lediglich aus Fleisch bestand, muss man sie trotzdem als „gemischt“ bezeichnen, und zwar deshalb, weil 500 gr Fleisch für die Ernährung des Thieres nicht ausreichen und das Thier demnach von dem zugeführten Fleische und dem eigenen Fett leben muss.

Nahrung 500 gr Fleisch. Menge des Harnes 395 ccm.

Der Harn enthält 12,64% feste Theile und 1,34% Asche.

Procentige Zusammensetzung des Harnes nach Abzug der Asche:

C	25,0
H	5,5
N	38,4
O	31,1
	100,0

Das Verhältniss von C zu N ist wie 1 : 1,53.
C : N = 0,65.

III. Analyse des Harnes nach ausschliesslicher Ernährung mit Brot.
Nahrung: 900 gr Brot. Menge des Harnes 694 ccm.
Der Harn enthält 6,11 % feste Theile und 1,78 % Asche.
Prozentige Zusammensetzung des Harnes nach Abzug der Asche:

C	26,6
H	6,2
N	36,4
O	30,8
	100,0

Das Verhältniss von C zu N ist wie 1 : 1,37.
C : N = 0,73.

Am Schlusse dieser Analysen sagt Voit: „Für die Kenntniss der Zusammensetzung des Harnes kann einiges aus diesen Zahlen entnommen werden. Die Elementarzusammensetzung des Harnes nach Abzug der Asche stimmt durchaus nicht mit der des Harnstoffs überein. Man übersieht dies am besten, wenn man die des Harnstoffs und des Harnes im Mittel aus den 9 Verbrennungen neben einander stellt:

Harnstoff	Harn.
C 20,0	C 25,7
H 6,7	H 6,4
N 46,6	N 37,5
O 26,7	O 30,4
100,0	100,0

So viel von den Analysen Voit's. Rubner nun hat noch[1]) durch Addition der Elemente des Fleischextractes, welcher in einer gegebenen Menge Fleisch enthalten ist, des Kreatinins und der Harnstoffmenge, welche sich aus dem Eiweiss derselben Fleisch-

1) Zeitschr. f. Biologie. Bd. 19. S. 343.

menge bilden können, die elementare Zusammensetzung des Fleischharnes abgeleitet und folgende prozentige Zusammensetzung erhalten:

C	26,82
H	6,26
N	37,62
O	29,30
	100,0

Von demselben Autor finden sich in der Ztschschr. Biol. Bd. 21. S. 343 folgende Zahlen:

C	25,2
H	6,6
N	37,9
O	30,7

Professor Pflüger sagt hierüber (Arch. f. d. ges. Phys. Bd. 51, S. 236): „da Rubner nicht angiebt, wie er zu diesen Zahlen gekommen ist, so bemerke ich, dass die in Ztschr. Biol. 21 angegebenen Werthe offenbar Voit entnommen sind aus den Versuchen, in denen Fleisch gefüttert wurde und die auch ich oben benutzt habe."

Weitere Litteraturangaben hierüber scheinen nicht vorzuliegen.

Wir selbst haben zu unseren Versuchen eine Hündin gewählt, ein Thier von besonders kräftigem Körperbau und einem Gewicht von 31,8 Kilo. Durch Nahrungszufuhr von 2 kg mageren Pferdefleisches, die dem Thiere täglich um 9 Uhr morgens in einer Ration verabreicht wurden, blieb der Hund, wie wir durch tägliche Wägung kontrolirten, im Stoffwechselgleichgewicht. Ohne grössere Schwierigkeit war es möglich, das Thier so abzurichten, dass es nur zwei Mal im Tage Harn liess, der jedesmal durch ein untergehaltenes Gefäss aufgefangen wurde. Das geschah zum ersten Mal morgens im Stadium der Nüchternheit und zum zweiten Mal ungefähr 7 Stunden nach der Nahrungsaufnahme, also im Stadium der lebhaftesten Harnstoffausscheidung.

Dadurch waren wir in der Lage, gewissermassen zwei Arten von Harn untersuchen zu können, Harn aus dem Stadium der Nüchternheit und aus dem Stadium der lebhaftesten Harnstoffausscheidung.

Unsere Aufgabe war es, die elementare Zusammensetzung des Fleischharnes, das heisst den Gehalt an Stickstoff, Kohlenstoff,

Wasserstoff, Sauerstoff und Asche zu bestimmen und zwar nach Feststellung der Summe der gesammten festen Bestandtheile, d. h. der Menge der Trockensubstanz.

Grosse Schwierigkeit bereitete im Anfang die Aufgabe, den Harn in eine für die Ausführung der Analysen möglichst geeignete Form zu bringen und doch so zu erhalten, dass durch die Bereitung des Präparates der Harn in seinen chemischen Eigenschaften in keiner Weise verändert würde. Nachdem wir uns von den Unannehmlichkeiten überzeugt hatten, die mit der Verbrennung nassen und frischen Harnes verknüpft sind, schon deshalb, weil wir bei dem verhältnissmässig geringen Gehalt an Trockensubstanz mit einer ziemlich grossen Menge von Flüssigkeit hätten arbeiten müssen, haben wir für die Bestimmungen des Kohlenstoffs, des Wasserstoffs und der Asche auf frischen, nassen Harn verzichtet, den Harn zu diesem Zwecke erst getrocknet und nur die Stickstoffbestimmungen nach Kjeldahl-Wilfarth mit dem nassen und frischen Harn vorgenommen.

Trocknen des Harnes.

Das Trocknen des Harnes haben wir in der Hauptsache nach derselben Methode vorgenommen, wie sie von Prof. P. Argutinsky zum Trocknen des Fleisches im hiesigen Laboratorium angewandt wurde und in seiner demnächst zu veröffentlichenden Untersuchung näher beschrieben werden wird. Der Harn wurde in der Kälte und in vacuo schnell getrocknet und zwar in folgender Weise.

Auf mehrere Uhrschalen von bekanntem Gewicht brachten wir aus einer kleinen Bürette jedesmal 5 ccm frischen Harnes und stellten dieselben auf eine eigens zu diesem Zwecke angefertigte Etagere aus Drahtgeflecht in der Weise, dass eine Schale von der jedesmal darüberstehenden mehrere Centimeter entfernt war. Dieses ganze Gestell wurde unter eine Glocke gebracht, die auf einer Glasplatte aufgeschliffen war, eine Kristallisirschale mit reiner, englischer Schwefelsäure enthielt und mit der Quecksilberpumpe in Verbindung gesetzt werden konnte. Sodann wurde die Glocke luftleer gepumpt und mehrere Stunden so stehen gelassen. Schon nach kurzer Zeit bedeckte sich der Harn mit einer Haut, so dass er wie gefroren aussah, und schien nach wenigen Stunden vollständig trocken zu sein. Indessen konnte man nach dem Zulassen der Luft und dem Aufheben der Glocke durch Lockern der Sub-

stanz bemerken, dass nur die obersten Schichten des Harnes erstarrt, die unteren Theile dagegen noch feucht waren. Wir haben uns überzeugt, dass es zum weiteren und vollständigen Trocknen des Harnes nothwendig ist, die obere deckende und erstarrte Schicht ringsum aufzulockern. Die Spannung der bedeckten und noch nassen Theile des Harnes ist so gross, dass wir einmal bei dem Versuche das Auflockern zu unterlassen und das Trocknen des Harnes direkt und ohne Unterbrechung vorzunehmen, nach 24stündigem Stehenlassen des Harnes beobachten konnten, wie die obere erstarrte Schicht durch zu grossen Druck auseinandergerissen, und die festen trockenen Theilchen in der ganzen Glocke zerstreut und zersprengt lagen. Dagegen waren wir durch das Lockern und Aufkratzen des Harnes und darauf folgendes Auspumpen der Glocke, welches zuweilen wiederholt werden musste, imstande, den Harn auf den Uhrschalen absolut und bis zu constantem Gewicht zu trocknen.

Durch Wägung der bekannten Mengen nun getrockneten Harnes und durch Feststellung des Mittelwerthes des Gewichtes von mehreren dieser Harn enthaltenden Uhrschalen, haben wir den Gehalt an trockenen Bestandtheilen, d. h. die Trockensubstanz des Fleischharnes festgestellt.

Nach dieser Bestimmung wurde der Harn von den Uhrschalen abgekratzt, in einem Achatmörser, so gut es ging, zerkleinert und dann in ein mit gut geschliffenem Deckel versehenes Wägegläschen gebracht.

Wir machen ganz besonders darauf aufmerksam, dass der getrocknete Harn von so überaus hygroscopischer Beschaffenheit ist, dass man nur mühsam und bei grösster Vorsicht ihn verpulvern kann. Sogar das Wägen der Uhrschalen giebt Garantie für Genauigkeit nur, wenn man die Wägung sehr schnell vornimmt, da sonst eine Harnmenge von circa 1 Decigramm bis zu 8 mg an Gewicht auf der Wage zunehmen kann. Deshalb war es auch unmöglich die grösseren, trockenen Harntheilchen, wie wir sie von den Uhrschalen entfernt haben, direkt fein zu verpulvern, da wir statt Pulver bei solchem Versuche stets einen weichen Brei erhielten. Darum konnten wir nur allmählich und langsam vorgehen. Nach dem Verbringen in das Wägeglas und vorgenommener Wägung wurde dasselbe mit der Substanz wieder unter die Luftpumpe gebracht und in vacuo getrocknet. Erst jetzt wurde die

Substanz feiner zerkleinert, dann wieder getrocknet, und dieser Prozess so lange wiederholt, bis wir ein feines und ziemlich gleichmässiges Pulver hatten. Das Trocknen wurde weiter bis zur Erreichung constanten Gewichtes fortgesetzt.

Ob dieses aussergewöhnlich stark hygroscopische Verhalten des trockenen Harnes mit dem Wesen der Sekretion in Zusammenhang steht, ist eine Frage, die vielleicht eingehenderer Untersuchung werth wäre. Wir hatten Gelegenheit zu beobachten, dass alle untersuchten Harnarten sich sehr stark hygroscopisch verhielten, dass sie aber im Grad der Stärke von einander verschieden waren, wobei der Mehr- oder Mindergehalt an Asche eine Rolle zu spielen schien.

Mit so vorbereitetem Harn haben wir unsere Untersuchung vorgenommen. Er bildete den Ausgangspunkt für die Ermittlung des Gehaltes an Kohlenstoff, Wasserstoff und Asche. Und als stichhaltigen Beweis, dass solcher Harn in seiner chemischen Beschaffenheit unverändert geblieben ist, dürfen wir wohl ansehen, dass die Stickstoffbestimmungen nach Kjeldahl-Wilfarth des frischen und des so getrockneten Harnes, obwohl das Mass einmal durch Wägung, das andere Mal durch Abmessen bestimmt worden war, genau übereinstimmen.

Die Methoden, nach denen wir unsere Analysen gemacht haben, waren folgende:

Der Stickstoff wurde, wie bereits erwähnt, nach der vorzüglichen Methode von Kjeldahl-Wilfarth bestimmt, wie sie später[1]) von Dr. Argutinsky modifizirt worden ist. Da wir diese Bestimmung am frischen und nassen Harn gemacht haben, so wurden jedesmal 5 ccm Harn aus einer kleinen Bürette direkt in die Oxydationskölbchen abgemessen, zu denen wir, wie üblich 25 ccm reine Schwefelsäure und 0,1 ccm Quecksilber zusetzten. Der Gehalt an Kohlenstoff und Wasserstoff wurde auf die Art und Weise, wie sie im hiesigen chemischen Laboratorium Kekulés gebräuchlich ist, festgestellt und die Richtigkeit unserer Methode und unserer Zahlen durch wiederholt ausgeführte und mit der Theorie gut übereinstimmende Analysen von chemisch reinem Harnstoff nach-

1) Archiv d. ges. Physiol. Bd. 46. S. 33.

geprüft. Nach mehreren Kohlenstoff- und Wasserstoffbestimmungen von Harn haben wir stets wieder eine Verbrennung von Harnstoff vorgenommen und durch stimmende Zahlen eine Garantie für die Richtigkeit unserer Bestimmungen des Fleischharnes erhalten.

Die angewandten Methoden sind noch ziemlich neu, wenigstens in den hier angewandten Modifikationen, deshalb dürfte es von Interesse sein, wenn ich die bei Harnstoff gefundenen Zahlen anführe. Gerade weil der Harnstoff eine besonders leicht verbrennliche Substanz ist, musste sehr langsam und sorgfältig verfahren werden.

Berechnet	Gefunden		
	C	H	N
C 20,0	20,13	6,77	46,66
H 6,67	20,21	6,79	46,63
N 46,67	20,19	6,69	46,52
	20,17	6,81	46,56
	20,07	6,83	46,65
	20,15	6,78	46,67

Die Veraschung wurde schliesslich auf folgende Weise vorgenommen. Nach Ermittlung des Gewichtes der Substanz, sowohl durch direkte Wägung derselben im Tiegel — wir bedienten uns der Tiegel zum Theil aus Porzellan, in der Regel aus Platin — wie durch Wägung des die Substanz enthaltenden Gefässes vor und nach der Entnahme der Substanz, wurde der Tiegel so lange vorsichtig durch eine kleine Flamme des Bunsenbrenners erhitzt, bis vollständige Verkohlung eingetreten war, und die restirende Substanz theils schwarze, theils graue Farbe angenommen hatte. Nach Abkühlung des Tiegels wurde wenig destillirtes Wasser in den Tiegel gegossen und nach wiederholter Trocknung mit kleiner Flamme bei grösster Vorsicht die Veraschung fortgesetzt, eventuell jene Operation wiederholt und die Veraschung mit dem Verschwinden aller dunklen Partikelchen und dem vollständigen Weisswerden als beendet angesehen. Anfangs haben wir die Veraschung auf die eben angegebene Weise vorgenommen, später aber zur Controle eine andere Methode angewandt, die indessen zu ungefähr denselben Resultaten führte und damit die alten bestätigt hat. Ich führe die Methode in Kürze an.

Mit möglichst kleiner Flamme wurde die Substanz in der oben beschriebenen Weise zum Verkohlen gebracht. War dies ge-

schehen und der Tiegel abgekühlt, so goss man in denselben destillirtes Wasser, zerdrückte und zerrieb mit einem Pistill aus Glas die verkohlten Theile und beschleunigte durch Umrühren das Lösen der darin enthaltenen löslichen Salze. Den ganzen Inhalt des Tiegels gossen wir dann vorsichtig auf ein aschenfreies Filter (um keinen Tropfen zu verlieren, bestreicht man mit Vortheil den Rand des Tiegels mit etwas Vaseline), und erhielten dadurch in einer darunterstehenden Platinschale die löslichen Theile der Asche, während die unlöslichen Bestandtheile und die Kohlenpartikel im Filter haften blieben. Glaspistill und Tiegel spülten wir, sie über das Filter haltend, mit destillirtem Wasser ab. Hierdurch hatten wir lösliche, leichter verbrennbare und unlösliche Bestandtheile der Asche von einander getrennt. Unlösliche Theile und Kohlenpartikel wurden sammt Filter in den Tiegel zurückgebracht und so lange geglüht, bis auf dem Grunde des Tiegels weisse Farbe zu sehen war. Die Platinschale, von bekanntem Gewichte, welche die in Wasser löslichen Theile der Asche enthielt, wurde auf ein Wasserbad gestellt und durch den aufsteigenden Dampf so lange erhitzt, bis alles Wasser in der Schale verdunstet war, sodann durch die Flamme gezogen und zur Rothgluth gebracht, um etwa noch vorhandene Kohlentheile zu verbrennen. Tiegel und Schale wurden nach Abkühlen im Exsiccator gewogen und ergaben durch Addition die Summe der Gewichtstheile der gesammten Asche.

Unsere Analysen, wie sie nach obigen Angaben ausgeführt wurden, haben folgende Resultate ergeben.

I. Der zuerst untersuchte Harn wurde $6^1/_2$ Stunden nach der Nahrungsaufnahme aufgefangen.

Das spec. Gewicht betrug 1046; er reagirte sauer.

Bestimmung der Trockensubstanz.

Die 5 Uhrschalen mit je 5 ccm frischen Harnes ergaben folgende Werthe auf 1 ccm umgerechnet.

1 ccm frischen Harnes enthält an Trockensubstanz:

I. = 0,1345 gr Trockensubstanz
II. = 0,1344 gr „
III. = 0,1351 gr „
IV. = 0,1345 gr „
V. = 0,1335 gr „

Summe = 0,6720 gr : 5 = 0,1344 gr Trockensubstanz.

Der Gehalt an festen Bestandtheilen beträgt demnach 13,44 %.

Bestimmungen des Gehaltes an N.

Titre: 1 ccm Schwefelsäure = 2 mg N.
1 ccm Kalilauge = 2 mg N.

α. 5 ccm Harn.

Vorlage 150 ccm Säure	= 300 mg N.
Ueberschuss an Säure = 36,75 ccm Kalilauge	= 73,5 mg N.
Also gefunden in 5 ccm Harn	226,5 mg N.

Im nassen Harn 4,53 % N.
Im getrockneten Harn 33,7 % N.

β. 5 ccm Harn.

Vorlage 120 ccm Schwefelsäure	= 240 mg N.
Ueberschuss an Säure = 7 ccm Kalilauge	= 14 mg N.
Also gefunden in 5 ccm Harn	226 mg N.

Im nassen Harn 4,52 % N.
Im getrockneten Harn 33,63 % N.

γ. 5 ccm Harn.

Vorlage 120 ccm Schwefelsäure	= 240 mg N.
Ueberschuss an Säure = 7,6 ccm Kalilauge	= 15,2 „ N.
Also gefunden in 5 ccm Harn	224,8 mg N.

Im nassen Harn 4,496 % N.
Im getrockneten Harn 33,45 % N.

δ. 0,1100 gr getrockneter Harn.

Vorlage 25 ccm Schwefelsäure	= 50 mg N.
Ueberschuss an Säure = 6,6 ccm Kalilauge	= 13,2 „ N.
Also gefunden in 0,1100 gr trocknen Harnes	36,8 mg N.

Im getrockneten Harn 33,45 % N.
Im nassen Harn 4,496 % N.

Bestimmung des C und H.

α. Die Substanz betrug 0,3027 gr trocknen Harnes.
0,3027 gr Harn gaben
0,2233 gr CO_2 = 0,0609 gr C = **20,12** % C.
0,1620 gr H_2O = 0,0180 gr H = **5,95** % H.

β. Die verbrauchte Substanz betrug 0,3172 gr trocknen Harnes.
0,3172 gr Harn gaben
0,2349 gr CO_2 = 0,06406 gr C = **20,19** % C.
0,1697 gr H_2O = 0,18855 gr H = **5,94** % H.

γ. Die verbrauchte Substanz betrug 0,3496 gr trocknen Harnes.
0,3496 gr Harn ergaben
0,2570 gr CO_2 = 0,7009 gr C = **20,05** % C.
0,1870 gr H_2O = 0,2077 gr H = **5,94** % H.

Aschenbestimmung.

α. Veraschung von 2 ccm Harn im Platintiegel = 0,267 gr trocknen Harnes.
0,267 gr ergaben 0,0362 gr Asche.
100 gr trockner Harn enthalten also 13,6 gr Asche.

β. Veraschung von 0,184 gr trocknen Harnes.
0,184 gr gaben 0,0265 gr Asche.
100 gr trockner Harn enthalten also 14,40 gr Asche.

Demnach ist der Harn einschliesslich Asche folgendermassen prozentig zusammengesetzt.

C	20,12
H	5,94
N	33,56 (4,51)
O	26,38
Asche	14,00
	100,00

Die prozentige Zusammensetzung des Harnes nach Abzug der Asche ist folgende:

C	23,40
H	6,91
N	39,02
O	30,67
	100,00

Das Verhältniss von Kohlenstoff zum Stickstoff ist wie 1 : 1,67.
C : N = 0,598.

Die beiden folgenden Harnanalysen beziehen sich auf Harn desselben Tages, die eine auf den Harn, der am Morgen im nüchternen Zustande, die zweite auf den Harn, den wir 7 Stunden nach der Nahrungsaufnahme erhalten haben. Der Mittelwerth der Zahlen dieser beiden Harnarten giebt uns demnach ein Bild von der Zusammensetzung des 24-stündigen Fleischharnes.

II. Elementaranalyse des Harnes aus dem Stadium der Nüchternheit.

Das spec. Gewicht betrug 1048, die Reaction war sauer, die Menge betrug 820 ccm.

Bestimmung der Trockensubstanz.

5 ccm frischen Harnes enthalten an trocknen Bestandtheilen:

I.	0,7580 gr	Trockensubstanz
II.	0,7597 „	„
III.	0,7589 „	„
IV.	0,7586 „	„

Summe 3,0352 : 4 = 0,7588 gr Trockensubstanz in 5 ccm.

5 ccm frischen Harnes enthalten 0,7588 gr Trockensubstanz, d. h. 15,18% feste Bestandtheile.

Bestimmungen des N.

Titre: 1 ccm Schwefelsäure = 2 mg N.
1 ccm Kalilauge = 2 mg N.

α. 5 ccm Harn.

Vorlage 140 ccm Schwefelsäure	=	280 mg N.
Ueberschuss an Säure = 3,65 ccm Kalilauge	=	7,3 mg N.
Also gefunden in 5 ccm Harn		272,7 mg N.

Im nassen Harn 5,45 % N.
Im getrockneten Harn 35,93 „ N.

β. 5 ccm Harn.

Vorlage 140 ccm Schwefelsäure	=	280 mg N.
Ueberschuss an Säure = 3,2 ccm Kalilauge	=	6,4 mg N.
Also gefunden in 5 ccm Harn		273,6 mg N.

Im nassen Harn 5,472 % N.
Im getrockneten Harn 36,05 „ N.

γ. 5 ccm Harn.

Vorlage 140 ccm Schwefelsäure	=	280 mg N.
Ueberschuss an Säure = 3,6 ccm Kalilauge	=	7,2 mg N.
Also gefunden in 5 ccm Harn		272,8 mg N.

Im nassen Harn 5,456 % N.
Im getrockneten Harn 35,94 % N.

Bestimmung des C und H.

α. Die Substanz betrug 0,2535 gr trocknen Harnes.
0,2535 gr Harn gaben
0,1821 gr CO_2 = 0,0496636 gr C = 19,59 % C.
0,1391 gr H_2O = 0,0154556 gr H = 6,1 % H.

β. Die Substanz betrug 0,2463 gr trocknen Harnes.
0,2463 gr Harn gaben
0,1783 gr CO_2 = 0,0486727 gr C = 19,74 % C.
0,1370 gr H_2O = 0,015222 gr H = 6,17 % H.

γ. Die Substanz betrug 0,3166 gr trocknen Harnes.
0.3166 gr Harn gaben
0,2269 gr CO_2 = 0,061882 gr C = 19,55 % C.
0,1737 gr H_2O = 0,01930 gr H = 6,1 % H.

Aschenbestimmung.

α. Veraschung von 0,1212 gr trocknen Harnes.
0,1212 gr Substanz gaben 0,0112 gr Asche.
100 gr trockner Harn enthalten also 9,2 gr Asche.

β. Veraschung von 0,1656 gr trocknen Harnes.

0,1656 gr gaben 0,0158 gr Asche.

100 gr trocknen Harnes enthalten also 9,5 gr Asche.

γ. Veraschung von 0,3129 gr trocknen Harnes.

Hierbei wurden die in Wasser löslichen und die unlöslichen Salze getrennt verascht in der oben beschriebenen Weise.

0,3129 gr gaben 0,0271 gr Asche.

100 gr trocknen Harnes enthalten also 8,7 gr Asche.

Demnach ist der Harn einschliesslich Asche prozentig, wie folgt, zusammengesetzt:

C	19,63
H	6,12 (5,46)
N	35,97
O	29,18
Asche	9,10
	100,00

Die prozentige Zusammensetzung des Harnes nach Abzug der Asche ist folgende:

C	21,60
H	6,73
N	39,57
O	32,10
	100,00

Das Verhältniss von Kohlenstoff zum Stickstoff ist wie 1 : 1,83.

C : N = 0,55.

III. Elementaranalyse des Harnes, erhalten 7 Stunden nach der Nahrungsaufnahme.

Das spec. Gewicht betrug 1050, die Reaction war sauer, die Menge betrug 615 ccm.

Bestimmung der Trockensubstanz.

5 ccm frischen Harnes enthalten an trocknen Bestandtheilen:

I.	0,7225 gr	Trockensubstanz
II.	0,7203 gr	„
III.	0,7232 gr	„
IV.	0,7222 gr	„

Summe 2,8882 : 4 = 0,72205 gr Trockensubstanz in 5 ccm.

5 ccm frischen Harnes enthalten 0,72205 gr Trockensubstanz d. h. 14,44 % feste Bestandtheile.

Bestimmung des N.

Titre: 1 ccm Schwefelsäure = 2 mg N.
1 ccm Kalilauge = 2 mg N.

α. 5 ccm Harn.

Vorlage 140 ccm Schwefelsäure	= 280 mg N.
Ueberschuss an Säure = 17,5 ccm Kalilauge	= 35 mg N.
Also gefunden in 5 ccm Harn	245 mg N.

Im nassen Harn 4,9 % N.
Im getrockneten Harn 33,93 % N.

β. 5 ccm Harn.

Vorlage 130 ccm Schwefelsäure	= 260 mg N.
Ueberschuss an Säure = 7,3 ccm Kalilauge	= 14,6 mg N.
Also gefunden in 5 ccm Harn	245,4 mg N.

Im nassen Harn 4,908 mg N.
Im getrockneten Harn 33,99 % N.

γ. 5 ccm Harn.

Vorlage 150 ccm Schwefelsäure	= 300 mg N.
Ueberschuss an Säure = 27,15 ccm Kalilauge	= 54,3 mg N
Also gefunden in 5 ccm Harn	245,7 mg N.

Im nassen Harn 4,914 % N.
Im getrockneten Harn 34,03 % N.

Bestimmung des C und H.

α. Die Substanz betrug 0,2888 gr trocknen Harnes.
0,2888 gr Harn gaben
0,2034 gr CO_2 = 0,05547272 gr C = 19,21 % C.
0,1495 gr H_2O = 0,01661 gr H = 5,75 % H.

β. Die Substanz betrug 0,3684 gr trocknen Harnes.
0,3684 gr Harn gaben
0,2592 gr CO_2 = 0,0706909 gr C = 19,19 % C.
0,1871 gr H_2O = 0,020789 gr H = 5,64 % H.

γ. Die Substanz betrug 0,3219 gr trocknen Harnes.
0,3219 gr Harn gaben
0,2283 gr CO_2 = 0,062263 gr C = 19,34 % C.
0,1656 gr H_2O = 0,0184 gr H = 5,72 % H.

Aschenbestimmung.

α. Veraschung von 0,2835 gr trocknen Harnes.
0,2835 gr Substanz gaben 0,04 gr Asche.
100 gr trocknen Harnes enthalten also 14,1 gr Asche.

β. Veraschung von 0,2000 gr trocknen Harnes.

0,2000 gr Substanz gaben 0,029 gr Asche.

100 gr trocknen Harnes enthalten also 14,5 gr Asche.

γ. Veraschung von 0,2510 gr trocknen Harnes.

Hierbei wurden wieder die in Wasser löslichen und unlöslichen Salze getrennt verascht.

0,2510 gr Substanz gaben 0,0377 gr Asche.

100 gr trockenen Harnes enthalten also 15,01 gr Asche.

Demnach ist die prozentige Zusammensetzung des Harnes, einschliesslich Asche, folgende:

C	19,25
H	5,70
N	33,98 (4,91)
O	26,57
Asche	14,50
	100,00

Die procentige Zusammensetzung des Harnes nach Abzug der Asche ist folgende:

C	22,51
H	6,67
N	39,74
O	31,08
	100,00

Das Verhältniss von Kohlenstoff zum Stickstoff ist wie
1 : 1,77. C : N = 0,57.

Die prozentige Zusammensetzung der organischen Substanz des 24stündigen Fleischharnes ist nach diesen beiden Analysen folgende:

$$C = 22,05$$
$$H = 6,70$$
$$N = 39,66$$
$$O = 31,59$$
$$100,00$$

Das Verhältniss von C zu N ist wie 1 : 1,80.
C : N = 0,56.

Während also zwischen den Zahlen des N und den Zahlen des H, wie aus den nebeneinandergestellten Analysen ersichtlich ist, ziemliche Uebereinstimmung herrscht, weichen die Zahlen des C von einander etwas ab.

Prozentige Zusammensetzung der organischen Substanz des Fleischharnes.

I. $6^1/_2$ Stunden nach der Nahrung	II. Aus dem Stadium der Nüchternheit	III. 7 Stunden nach der Nahrung
C 23,40	C 21,60	C 22,51
H 6,91	H 6,73	H 6,67
N 39,02	N 39,57	N 39,74
O 30,67	O 32,10	O 31,08
100,00	100,00	100,00
C = N . 0,60	C = N . 0,55	C = N . 0,57

24-stündiger Harn	Mittelwerth aus den 3 Analysen
C 22,05	C 22,5
H 6,70	H 6,8
N 39,66	N 39,4
O 31,59	O 31,3
100,00	100,00
C = N . 0,56	C = N . 0,57

Unsere Zahlen zeigen also, wie aus umstehender Tabelle ersichtlich ist, von den von Voit und Rubner gefundenen Werthen einige Abweichung. Besonders möchten wir hervorheben, dass im Vergleich zu jenen Analysen die von uns angegebene prozentige Zusammensetzung des Fleischharnes, nach Abzug der Asche, der prozentigen Zusammensetzung des Harnstoffs näher steht.

Zum Schlusse sage ich Herrn Professor Pflüger für die vielseitige Anregung, ganz besonders für die freundliche Unterstützung, die er mir bei dieser Arbeit zu Theil werden liess, meinen herzlichsten Dank. Im Besonderen aber danke ich auch meinem verehrten Freunde Herrn Professor Dr. Argutinsky und Herrn Dr. Max Bleibtreu.

Um die Zahlen von Voit und Rubner mit den von mir gefundenen leichter vergleichen zu können, habe ich sie zum Schlusse tabellarisch zusammengestellt.

Elementare Zusammensetzung des Fleischharnes.

	Zahlen von Voit.					Zahlen von Rubner berechnet aus den Extractivstoffen	Analysen von Rubner	Von mir gefundene Zahlen.			
	I. Analyse	II. Analyse	III. Analyse	Mittelwerth aus diesen 3 Analysen	Mittelwerth aus den 9 Voit'schen Analysen			I. Analyse	II. Analyse	III. Analyse	Mittelwerth aus diesen 3 Analysen
C	25,5	26,2	24,4	25,4	25,7	26,82	25,2	23,4	21,60	22,51	22,50
H	6,7	6,6	6,9	6,7	6,4	6,26	6,6	6,91	6,73	6,67	6,8
N	37,5	40,3	39,0	38,9	37,5	37,62	37,9	39,02	39,57	39,74	39,4
O	30,3	26,9	29,7	29,0	30,4	29,30	30,7	30,67	32,10	31,08	31,3
C : N	1 : 1,47	1 : 1,54	1 : 1,60	1 : 1,54	1 : 1,46	1 : 1,40	1 : 1,50	1 : 1,67	1 : 1,83	1 : 1,77	1 : 1,76
C = N . x	N . 0,68	N . 0,65	N . 0,63	N . 0,65	N . 0,68	N . 0,71	N . 0,67	N . 0,60	N . 0,55	N . 0,57	N . 0,57

(Aus dem physiologischen Institut der Universität Erlangen.)

Ueber die chemische Zusammensetzung des Lipoms.

Nach Versuchen von cand. med. Georg Schwalbach.

Mitgetheilt von

Oscar Schulz.

Das Material für die im Folgenden beschriebene chemische Untersuchung der Lipomfette lieferte eine Fettgeschwulst von ausserordentlicher Grösse, welche in der Erlanger Frauenklinik zur Operation gelangte [1]).

Der Tumor wog 56 Pfund. Sein Bau war der einer gewöhnlichen Fettgeschwulst; er zeigte nur insofern eine Besonderheit, als das reine Fettgewebe in dem Maasse überwog, dass von bindegewebigen Bestandtheilen und von Gefässen makroskopisch wenig mehr zu erkennen war. Auf dem Durchschnitt bot er völlig glatte Schnittflächen; beim Betasten erschien er elastisch und fluctuirend; seine Farbe war graugelb bis wachsgelb.

Der ganze Tumor wurde zur Conservirung in etwa 40 %igen Alkohol gelegt. Vierzehn Tage nach der Operation wurde aus der Mitte der Geschwulstmasse ein Stück von 1 kg Gewicht herausgeschnitten und dies zur Bestimmung des Gehalts an Fett, Wasser und Bindegewebe in sechs Portionen von 5 bis 407 gr verarbeitet.

Die einzelnen Portionen wurden mit der Scheere zerkleinert und in gewogenen Porzellanschalen bei 110—115° im Trockenschrank erhitzt, bis sich ihr Gewicht nicht mehr änderte. Der Gewichtsverlust ergab den Wassergehalt der einzelnen Stücke.

Zur Trennung von Fett und Bindegewebe wurde das ausge-

1) Die klinische Bearbeitung des eigenartigen Falles findet sich in: W. Meyer, Ueber einen Fall von retroperitonealem Lipom. Inaug.-Diss. Erlangen.

Eine ausführliche Mittheilung über die chemische Untersuchung wird demnächst in den Sitzungsberichten der physikalisch-medicinischen Societät zu Erlangen publicirt werden.

rtetene, schon bei ganz gelindem Erwärmen sich völlig verflüssigende Fett von dem geschrumpften Bindegewebe abgegossen, das letztere im Mörser zerrieben und in einem dem Drechsel'schen nachgebildeten Extractionsapparate mit Aether erschöpft, das nach dem Abdunsten des Aethers aus dem Extract hinterbleibende Fett mit dem abgegossenen vereinigt und die ganze Fettmenge noch einmal bei 110—115° getrocknet.

Das Gewicht des Bindegewebes ergab der entfettete und darauf bei 105° getrocknete Rückstand.

Diese Aufarbeitung führte bei den vier ersten Lipomproben zu folgenden Zahlen:

Nr.	Gewicht der Lipomprobe	Gewicht des Wassers, durch Verlust bestimmt	Gewicht des Fettes	Gewicht des Bindegewebes
I.	68,0 gr	16,0 gr	50,4 gr	1,3 gr
II.	68,8 „	15,8 „	51,2 „	1,55 „
III.	90,5 „	18,9 „	69,6 „	1,80 „
IV.	407,0 „	84,0 „	312,8 „	9,1 „

Hieraus berechnet sich nachstehender procentischer Gehalt an Wasser, Fett und Bindegewebe:

Nr.	Wasser	Fett	Bindegewebe
I.	23,53 %	74,11 %	1,91 %
II.	22,96 „	74,42 „	2,25 „
III.	20,88 „	76,96 „	1,99 „
IV.	20,63 „	76,86 „	2,24 „

Nach den Durchschnittswerthen aller Analysen enthielt das untersuchte Lipom

22,0 % Wasser,
75,75 „ Fett,
2,25 „ Bindegewebe.

Das aus den Geschwulststücken ausgeschmolzene, ganz geruchlose Fett blieb bei 35° völlig flüssig. Es hatte die Farbe des Olivenöls. Bei Zimmertemperatur wurde der kleinere Theil desselben fest und glich alsdann der weissen Vaseline.

Das Bindegewebe stellte nach dem Zerreiben im Mörser ein gelbbraunes Pulver dar, an dem ein angenehmer Geruch, ähnlich dem von frischem süssen Gebäck, hervortrat. Da eine eingehendere Untersuchung desselben nicht beabsichtigt war — das Material hätte hierzu ohnehin nicht gereicht —, so wurden mit dem erhaltenen Pulver nur einige qualitative Prüfungen angestellt. Concentrirte Salzsäure, in welcher sich beim Erhitzen der grösste Theil des Pulvers löste, lieferte eine violettblaue Lösung. Kalilauge nahm die Substanz bis auf einen kleinen Rest auf; die Flüssigkeit gab rothviolette Biuretreaction. Heisser Eiessig löste das Pulver fast vollständig, die Lösung färbte sich auf Zusatz von concentrirter Schwefelsäure intensiv violettroth. Zum Nachweis des Collagens, das jedenfalls den Hauptbestandtheil des getrockneten Bindegewebes ausmachte, wurde das Pulver eine halbe Stunde mit verdünnter Schwefelsäure gekocht: die vom Ungelösten abgegossene Flüssigkeit lieferte, gleich einer Leimlösung, mit Tannin einen zähen klebrigen Niederschlag; es war also aus dem Collagen Glutin entstanden.

Schliesslich wurde noch der Versuch gemacht, aus dem Bindegewebe ein Kupferoxyd reducirendes Spaltungsproduct zu gewinnen. Der Versuch war angeregt durch die Ergebnisse der Untersuchungen Schmiedeberg's über die chemische Zusammensetzung des Knorpels[1]). Schmiedeberg hat nachgewiesen, dass die den echten Knorpel kennzeichnenden Chondroitinverbindungen häufig von Collagen begleitet werden. Hiernach durfte man vermuthen, dass im Bindegewebe neben vorwiegendem Collagen auch Chondroitinsubstanzen auftreten könnten, und wenn dies der Fall, so mussten sich die letzteren nach dem Verfahren von Schmiedeberg auffinden lassen.

5 gr Bindegewebe wurden 36 Stunden bei Körpertemperatur mit kräftig wirkender Pepsin-Salzsäure digerirt. Dabei ging der grösste Theil des Pulvers in Lösung. Der Rückstand wurde durch Aufschwemmen mit Wasser von Peptonen und Albumosen befreit

---

1) Schmiedeberg, Ueber die chemische Zusammensetzung des Knorpels. Arch. f. exper. Pathol. u. Pharmak. XXVIII. 1.

und mit 3%iger Schwefelsäure auf dem Wasserbade erhitzt. Salpetersäure, welcher Schmiedeberg für die Spaltung des Chondroitins den Vorzug giebt, erwies sich im vorliegenden Fall als nicht brauchbar. Nach dem Erkalten wurde abfiltrirt und das Filtrat mit Fehling'scher Lösung geprüft. Die Probe ergab deutliche Abscheidung von Kupferoxydul. Das Bindegewebe der Fettgeschwulst enthielt also Substanzen, aus welchen beim Erhitzen mit verdünnter Schwefelsäure ein Kupferoxyd reducirender Körper hervorging.

Die Analyse des Fettes sollte ermitteln: die Menge der Gesammtfettsäuren, der freien Fettsäuren, des Glycerins, der Stearin-, Palmitin- und Oelsäure und des Cholesterins. Flüchtige Fettsäuren waren nicht vorhanden; man konnte dies schon aus der Geruchlosigkeit des Fettes und der daraus durch Verseifung abgeschiedenen Fettsäuren entnehmen, es ergab sich überdies mit völliger Sicherheit bei der Destillation des Fettes und der Fettsäuren im Vacuum (bei 100 mm Hg) daraus, dass unter 250° keine Fettsäuren überdestillirten.

Zur Bestimmung der Gesammtfettsäuren wurden 5 Proben des Lipomfettes im Gewicht von 11 bis 16 gr nach der von Kossel und Obermüller[1]) angegebenen Methode verseift. Die Spaltung der Glyceride ging überraschend glatt von statten, wenige Minuten nach dem Eintragen des Natriumalkoholats in die erwärmte absolut-alkoholische Fettlösung war die Verseifung vollendet. Eine Vergleichsoperation, bei der statt des Natriumalkoholats die bislang stets verwendete alkoholische Kalilauge in Anwendung kam, zeigte eclatant die Ueberlegenheit des Kossel-Obermüller'schen Verfahrens. Verbraucht wurden auf je 1 gr Fett, dies in etwa 4 ccm absoluten Alkohols gelöst, 2,5 bis 3 ccm einer durch Eintragen von 5 gr blanken Natriums in 100 ccm absoluten Alkohols bereiteten Natriumalkoholatlösung. Die Reindarstellung der Fettsäuren aus den Natriumseifen geschah nach bekannten Vorschrift von Hehner.

---

1) Zeitschr. f. physiol. Chem. XIV. 599.

Die 5 Fettproben lieferten folgende Fettsäuremengen:

Nr.	Gewicht der Fettprobe	Gefundene Fettsäuren gr	Gefundene Fettsäuren %
I.	11,921 gr	11,224	94,15
II.	12,582 „	11,676	93,52
III.	15,075 „	14,241	94,46
IV.	16,360 „	15,245	93,18
V.	13,761 „	13,041	94,76

Der Gehalt an Gesammtfettsäuren betrug hiernach im Mittel 94 %.

Da eine qualitative Prüfung gezeigt hatte, dass neben den Neutralfetten freie Fettsäuren vorhanden seien, so wurde die Acidität des Fettes bestimmt, und zwar nach Mayer[1]) durch Titration mit $^1/_{10}$ Normal-Natronlauge unter Benutzung von Phenolphtaleïn als Indicator. Die Titration der freien Fettsäuren ergab Folgendes:

I. 4,971 gr Fett erforderten 12,9 ccm $^1/_{10}$ Normal-NaOH
II. 4,192 „ „ „ 10,9 „ „ „
III. 9,389 „ „ „ 23,1 „ „ „

Auf 100 gr Lipomfett wurden mithin zur Neutralisation der darin enthaltenen freien Fettsäuren 1,04 gr NaOH verbraucht.

Die Versuche, die freien Fettsäuren von den Neutralfetten zu trennen und die Menge der ersteren direct zu bestimmen, fielen sehr unbefriedigend aus. Der Weg[2]), auf dem die Trennung erreicht werden sollte, war folgender: In einer gewogenen Fettprobe wurden die freien Fettsäuren durch Zufügen der aus der Aciditätsbestimmung berechneten Menge von $^1/_{10}$ Normal-Natronlauge genau neutralisirt, dann wurde das Gemisch von Natriumseifen und Neutralfett mit reichlichen Mengen von Wasser und Petroläther oder Schwefelkohlenstoff in einem Scheidetrichter durchgeschüttelt. Der Petroläther oder der Schwefelkohlenstoff sollte dabei das Neutralfett

1) Dingler's polytechn. Journ. CCXXXXVII. 305.
2) cf. Benedikt, Analyse der Fette und Wachsarten S. 101.

vollständig aufnehmen, und in das Wasser sollten nur die Seifen übertreten. Diese Erwartung erfüllte sich leider nicht, wie wechselnd man auch die Mengen der Lösungsmittel für Neutralfett und Seife wählte und wie lange man auch den durchgeschüttelten Schichten Zeit liess, sich von einander zu trennen. Eine scharfe Scheidung der beiden Flüssigkeiten trat erst ein, wenn etwas Alkohol nachgegeben wurde. Dadurch verlor aber das ganze Verfahren noch weiter an Zuverlässigkeit, denn der Alkoholgehalt der Seifenlösung konnte nur dazu beitragen, dass noch mehr Neutralfett sich in der Seifenschicht löste.

Hatten sich die beiden Flüssigkeiten getrennt, so wurde die untere Schicht in einen zweiten Scheidetrichter abgelassen und die Fettlösung mit Wasser, die Seifenlösung mit Petroläther bezw. Schwefelkohlenstoff mehrfach gewaschen. Das Neutralfett wurde nach Verjagung des Lösungsmittels aus den vereinigten fetthaltigen Auszügen bis zur Gewichtsconstanz getrocknet, die Fettsäuren aus den vereinigten wässerigen und weingeistig-wässerigen Seifenlösungen mit Schwefelsäure abgeschieden und nach Hehner bestimmt.

Die erhaltenen Zahlen waren ganz werthlos. Es ergaben sich z. B. bei drei Analysen

97,65 % Neutralfett und 4,68 % freie Fettsäuren
98,99 „ „ „ 6,08 „ „ „
91,53 „ „ „ 16,40 „ „ „

Nach diesem Misserfolg wurde es vorgezogen, den Gehalt an freien Fettsäuren indirect zu ermitteln.

Bestimmung des Glycerins. Zwei Proben des Lipomfettes wurden nach Zulkowski mit titrirter alkoholischer Kalilauge verseift und das Glycerin nach der Formel

$$\frac{0,547 \,.\, (a-b) \,.\, d}{c}$$

berechnet. In dieser Formel bedeutet d den Gehalt der alkoholischen Lauge an KOH — er betrug 2,912 % —, a die Anzahl der zu Verseifung der Glycerinester und zur Neutralisation der freien Fettsäuren zusammen erforderlichen ccm Lauge, b die Anzahl der allein zur Neutralisation der freien Fettsäuren nothwendigen ccm und c das Gewicht der verseiften Fettprobe.

I. 6,738 gr Fett, mit 90 ccm alkohol. Lauge verseift, lieferten 0,669 gr Glycerin = 9,91 %.

II. 3,897 gr Fett, mit 40 ccm alkohol. Lauge verseift, lieferten 0,38547 gr Glycerin = 9,89 %.

Aus 100 gr Fett entstanden also bei der Verseifung 9,9 gr Glycerin.

Nachweis des Cholesterins. Wenn man ein Fett mit Natriumalkoholat verseift und den Seifebrei mit Aether durchschüttelt und filtrirt, so findet sich, wie Kossel und Obermüller angegeben haben, das Cholesterin im Filtrat. 10 gr Lipomfett, die in dieser Weise verarbeitet wurden, lieferten ein ätherisch-alkoholisches Filtrat, von dem kleinere Proben, auf dem Uhrglas eingedunstet, keine deutliche Cholesterinreaction gaben. Erst als die ganze Flüssigkeit, die noch ziemlich viel Seife gelöst enthielt, eingedampft und das Zurückbleibende mit einer Mischung von Aether und Petroläther extrahirt wurde, gelang der Nachweis. Aus dem ätherischen Extract hinterblieben zwar keine Cholesterinkrystalle, doch fiel die mit dem geringen Rückstand angestellte Salkowski'sche Reaction unzweifelhaft positiv aus. Damit war die Gegenwart des Cholesterins sicher nachgewiesen; eine quantitative Bestimmung schien bei der geringen Menge desselben ohne Belang.

Bestimmung der Oelsäure. Die Leichtflüssigkeit des Lipomfettes liess von vornherein einen überwiegenden Oelsäuregehalt in demselben erwarten. Wie die Analyse lehrte, bestand es in der That fast zu zwei Dritteln aus Trioleïn.

Die Bestimmung der Oelsäure geschah nach der Methode von v. Hübl durch Ermittelung der Jodzahl. Es wurden im ganzen 8 Bestimmungen ausgeführt, und zwar 4 mit dem Lipomfett selbst und 4 mit dem Gemenge der durch Verseifung desselben gewonnenen Fettsäuren. Die Reaction des in 3%iger alkoholischer Sublimatlösung gelösten Jodes auf das Oelsäureglycerid bezw. auf die freie Säure verlief glatt; brachte man etwa 1 gr Fett bezw. Fettsäurengemisch, das in der eben genügenden Menge Chloroform gelöst war, und etwa 30 ccm einer 2,5 % Jod enthaltenden Sublimatlösung im Schüttelcylinder zusammen, so war der Uebergang der Oelsäure in Dijodstearinsäure in $1\frac{1}{2}$—2 Stunden vollendet. Der Jodüberschuss wurde in bekannter Weise mit Natriumthiosulfat zurücktitrirt.

Gefunden wurden in

I.	1,283 gr	Fett	64,53 %	Oelsäure	I.	0,740 gr	Fettsäurengemisch	65,30 %	Oelsäure
II.	1,055 „	„	65,06 „	„	II.	0,882 „	„	65,87 „	„
III.	1,183 „	„	64,05 „	„	III.	1,022 „	„	65,70 „	„
IV.	1,279 „	„	64,66 „	„	IV.	1,231 „	„	65,40 „	„

Nach den Mittelwerthen aus diesen Analysen betrug der Oelsäuregehalt des Fettes 64,58 % und der des Fettsäurengemisches 65,57 %.

Neben Oelsäure konnten in dem Fettsäurengemisch nur Palmitin- und Stearinsäure nachgewiesen werden. Leichter flüchtige Fettsäuren waren in dem Lipom sicher nicht enthalten, und die Anwesenheit von Margarinsäure, die allein noch in Frage kommen konnte, musste nach allen bisherigen Erfahrungen über das Auftreten dieser Säure in Fettgeweben als ganz unwahrscheinlich gelten. Der neben 65,57 % Oelsäure verbleibende Rest von 34,43 % wurde daher als reine Stearinsäure + Palmitinsäure in Ansatz gebracht, und es war nur noch das Mengenverhältniss dieser beiden Säuren festzusellen.

Ermittelung des Gehaltes an Stearinsäure und Palmitinsäure. 2—3 gr des Fettsäurengemisches wurden in Alkohol gelöst und unter Anwendung von Phenolphtaleïn als Indicator mit $^1/_{10}$ Normal-Natronlauge titrirt. Es ergab sich, dass 100 gr Fettsäuren 14,22 gr NaOH zur Neutralisation verlangten.

Hiervon entfielen, da 65,57 gr Oelsäure 9,3 gr NaOH erfordern, 4,92 gr auf Stearinsäure + Palmitinsäure. Aus diesen Daten d. h. daraus, dass die in 100 gr Fettsäurengemisch enthaltenen 34,43 gr Stearinsäure + Palmitinsäure durch 4,92 gr NaOH neutralisirt wurden, liess sich das Mengenverhältniss beider Säuren leicht berechnen. Die Rechnung ergab einen Gehalt von

29,84 % Stearinsäure und
4,59 % Palmitinsäure.

Die Titration des Fettsäurengemisches konnte ferner als Grundlage dienen für die Berechnung der im Lipomfett enthaltenen freien Fettsäuren, deren direkte Bestimmung ohne Erfolg versucht worden war. Bei dieser Berechnung ging man von der im vorliegenden Fall wohl zutreffenden Voraussetzung aus, dass im untersuchten Lipom das Mengenverhältniss der drei Neutral-

fette Triolein, Tristearin und Tripalmitin das gleiche sei wie das der drei freien Fettsäuren.

Berechnung des Gehaltes an freien Fettsäuren und an Neutralfetten. 100 gr des Fettsäurengemisches, das durch Verseifen des Lipomfettes erhalten worden war, banden, wie schon angegeben, 14,22 gr NaOH; bei der Bestimmung der Acidität des Fettes selbst (s. S. 235) hatte man gefunden, dass die in 100 gr Fett enthaltenen freien Säuren 1,04 gr NaOH zur Neutralisation erforderten: war nun die Zusammensetzung der freien Säuren im ursprünglichen Fett dieselbe wie die des aus der Verseifung hervorgegangenen Säurengemisches, so folgte aus dem Verbrauch von 1,04 gr NaOH bei der Titration, dass das Lipomfett aus $\frac{100 \cdot 1{,}04}{14{,}22} = 7{,}31\%$ freien Fettsäuren und 92,69% Neutralfetten bestand.

Das Resultat der ganzen Untersuchung ist, kurz zusammengefasst, folgendes:

Das Lipom bestand aus

22,0 % Wasser,
2,25 „ Bindegewebe,
75,75 „ Fett.

Das Bindegewebe enthielt neben vorwiegendem Collagen geringe Mengen eines Körpers, welcher beim Erhitzen mit verdünnter Schwefelsäure ein Kupferoxyd reducirendes Spaltungsproduct lieferte.

Das Fett enthielt

7,31% freie Fettsäuren,
92,69 „ Neutralfette.

Bei der Verseifung entstanden aus 100 gr Fett

94 gr Fettsäuren,
9,9 gr Glycerin.

In dem Fettsäurengemisch waren enthalten

65,57% Oelsäure,
29,84 „ Stearinsäure,
4,59 „ Palmitinsäure.

Cholesterin war in qualitativ nachweisbarer Menge vorhanden.

Studien über den peripherischen Gefässmechanismus.

Von

Dr. **Gustav Piotrowski,**
Docenten der Physiologie an der Universität Lemberg.

Hierzu Tafel III, IV, V und VI.

Die Abhängigkeit des Zustandes der Gefässe von den Nerven wurde schon im vorigen Jahrhundert bekannt; so beobachtete Pourfour du Petit im Jahre 1727 die Röthung der Augenbindehaut und starke Füllung ihrer Gefässe mit dem Blute nach Durchschneidung des N. Sympathicus entsprechender Seite. Dupuy sah ebenfalls Füllung der Gefässe und Erhöhung der Temperatur des Ohres sowie der ganzen Kopfhälfte des Pferdes nach demselben Eingriff, Brachet aber dieselben Erscheinungen in den Gehirngefässen des Hundes. Die Beobachtungen waren aber sehr ungenau und man bemühte sich nicht, dieselben näher zu erklären. Erste gründliche Untersuchungen verdanken wir unzweifelhaft dem berühmten Physiologen Claude Bernard, dessen Versuch immer zu den classischen gehört. Er beobachtete die Farbe des Venenblutes der Niere und der Unterkieferspeicheldrüse in der Ruhe und in der Thätigkeit und constatirte, dass das Blut im letzten Falle viel heller und dem arteriellen Blute ähnlich war. In der Speicheldrüse sah er diese Erscheinungen nach der Reizung des gemeinsamen Stammes des Lingualis und der Chorda tympani. Bei der Reizung des Nerven floss das Blut viel reichlicher aus der durchschnittenen Vene. Er beobachtete aber zugleich, dass die Reizung des Sympathicus einen ganz entgegengesetzten Erfolg hatte. Das Blut floss viel langsamer und spärlicher aus der Vene als ohne Reizung. Er erklärte die Erscheinungen auf folgende Weise: Da die Farbe des Blutes vom Sauerstoffe abhängig ist, so wird sie desto heller, je schneller das Blut die reducirenden Gewebe durchfliesst. Die Reizung der Chordatympani ruft eine Erweiterung der Gefässe hervor und das Blut fliesst rascher in der Drüse, wohingegen die Reizung des Sympathicus eine Verengerung der Gefässe zur Folge hat.

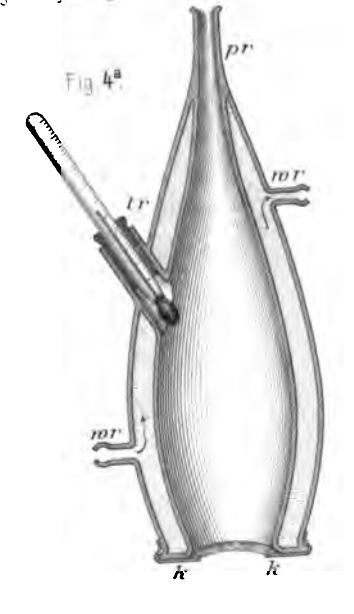


Fig. 4ª.



Fig. 4ᵇ.

Fig. 3ª.

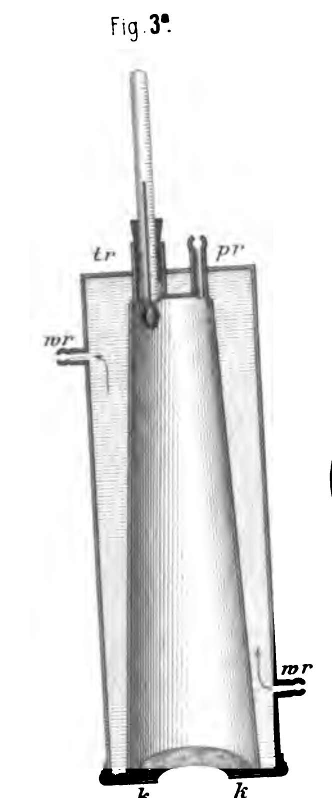


Fig. 3ᵇ.

Fig. 1.

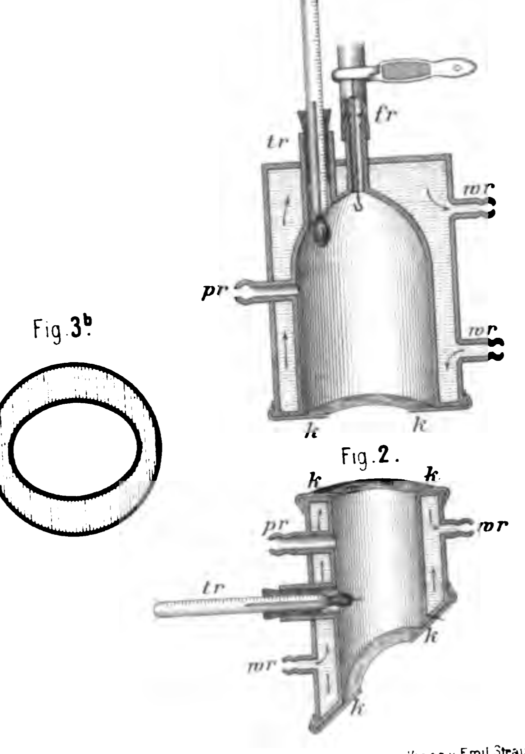
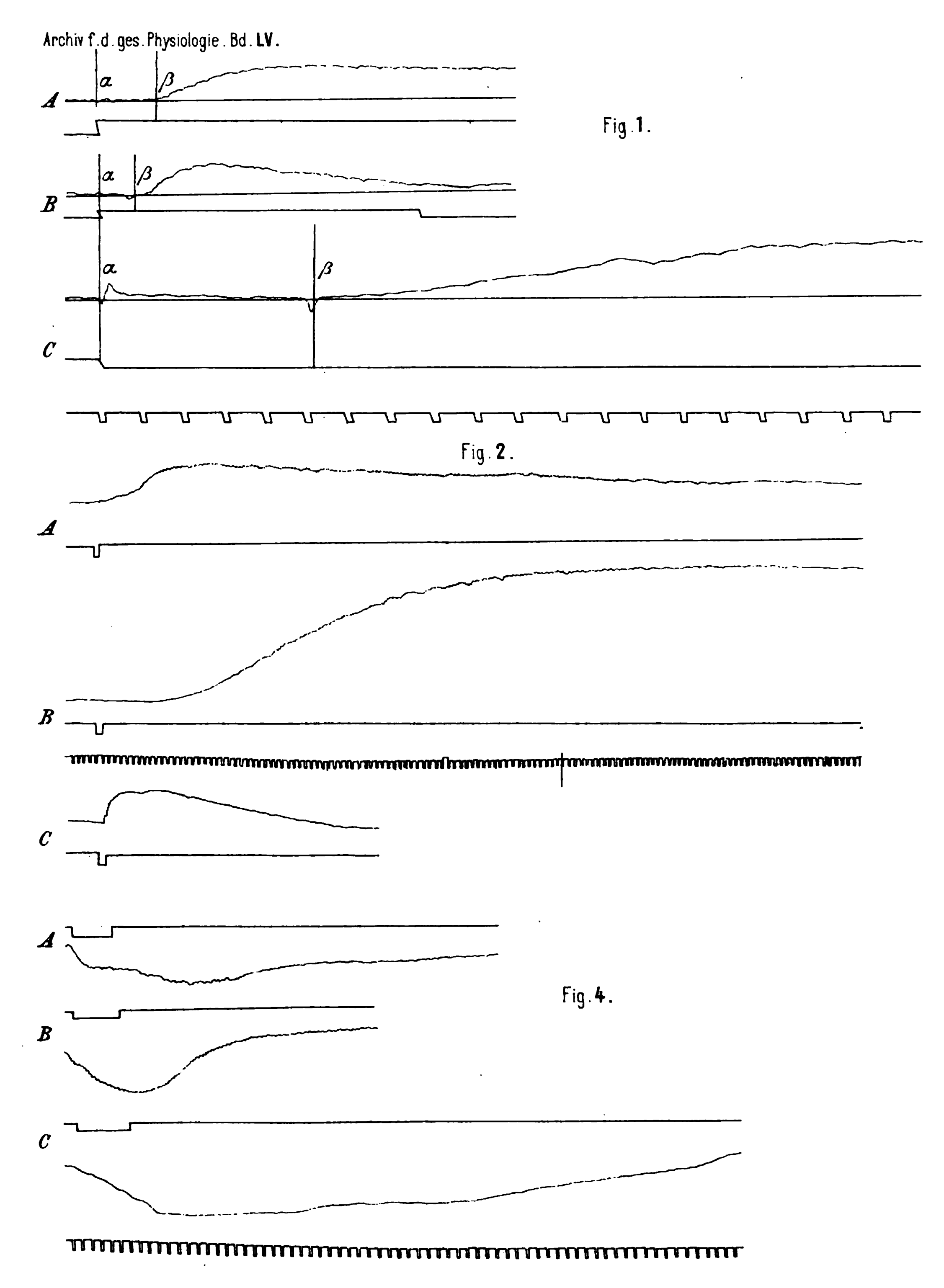


Fig. 2.

Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

Verlag v. Emil Strauss, Bonn



Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt

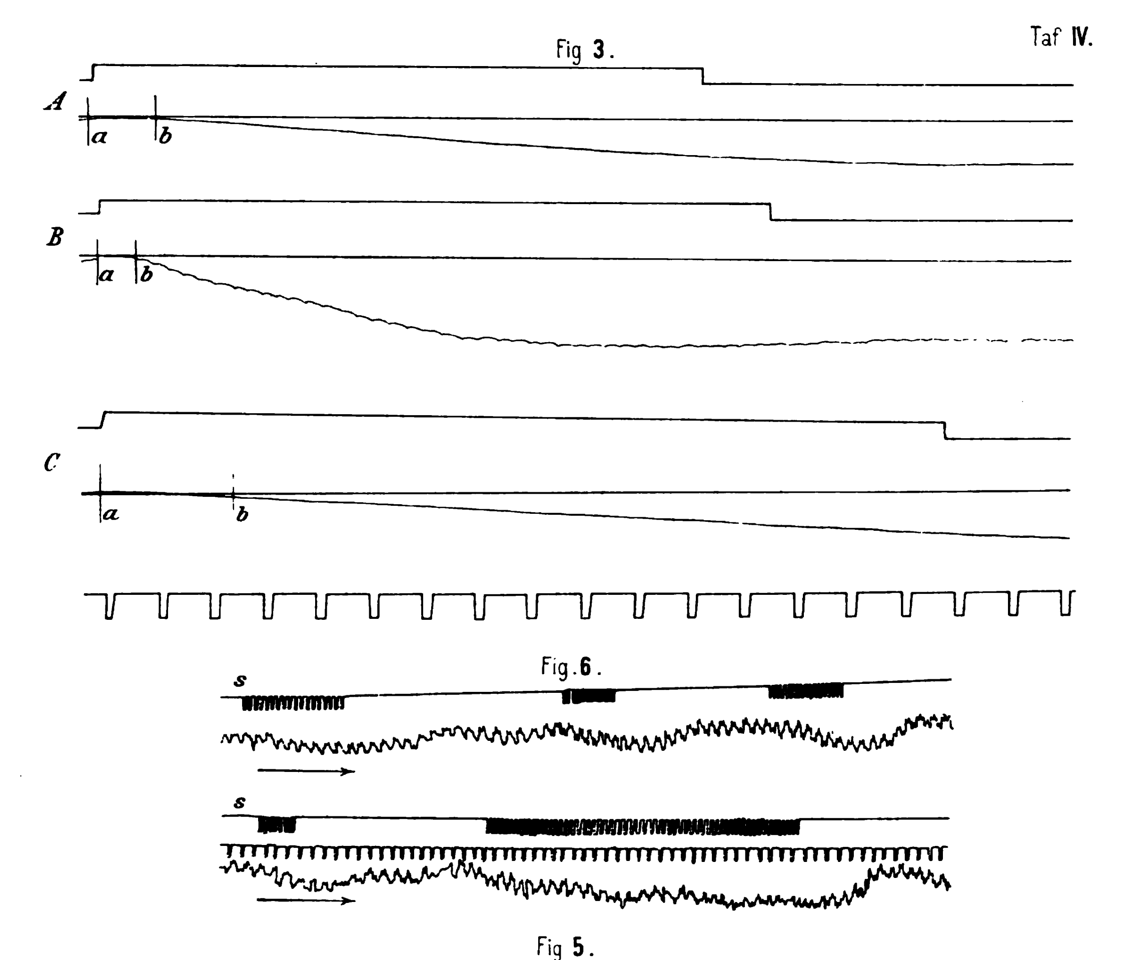


Fig 5.

s

A

s

B

s

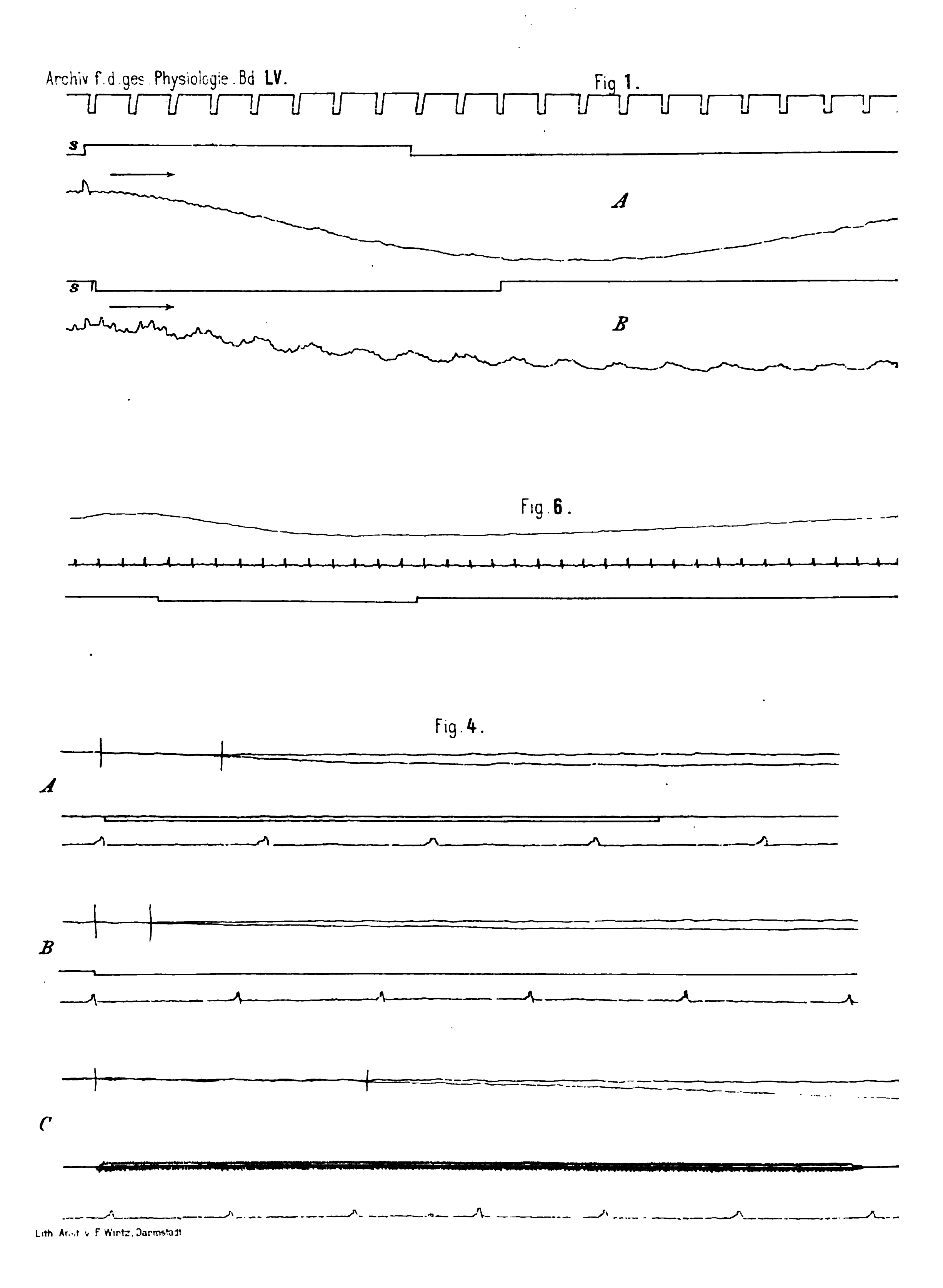
C

s

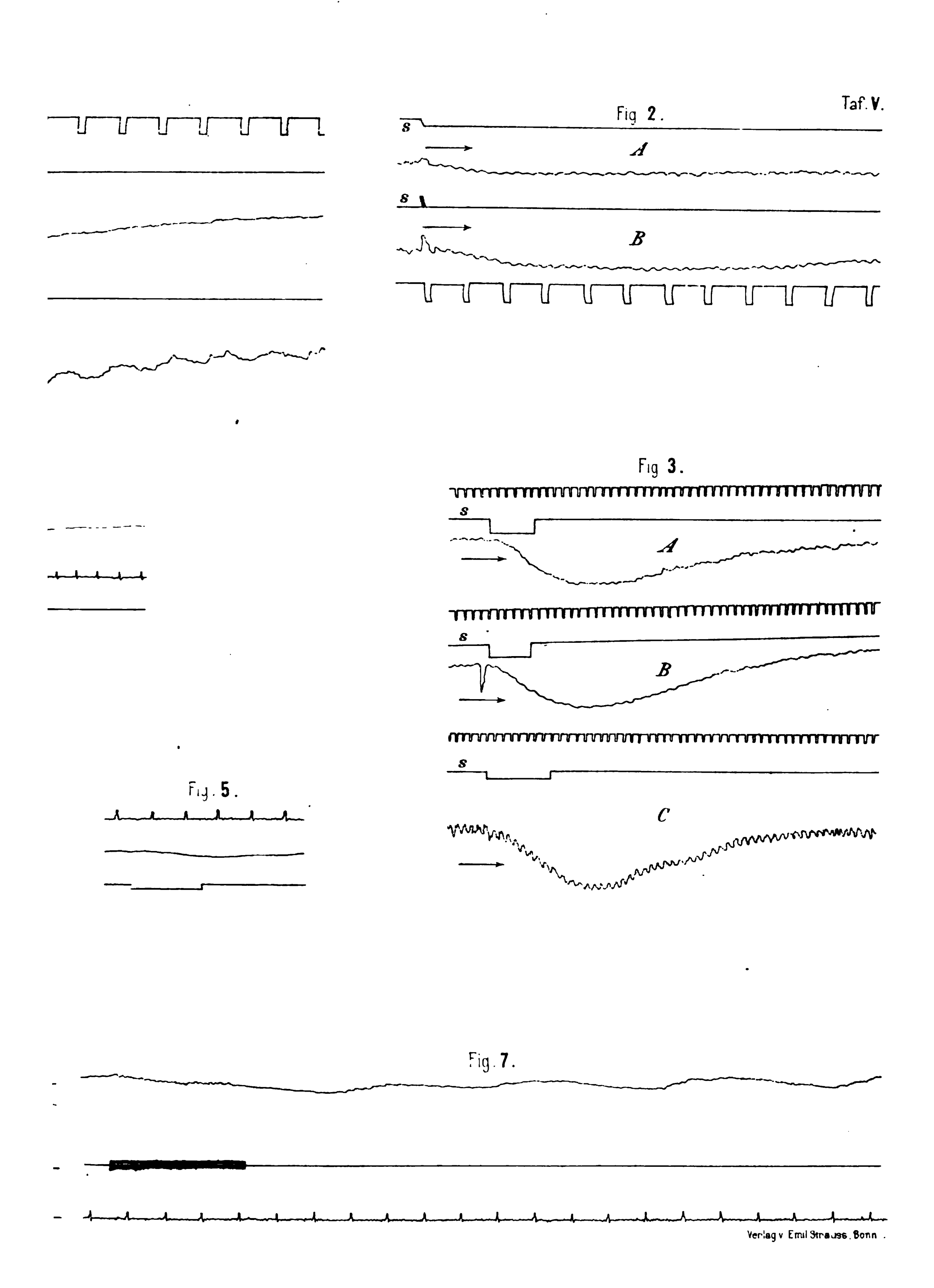
D

Verlag v. Emil Strauss, Bonn



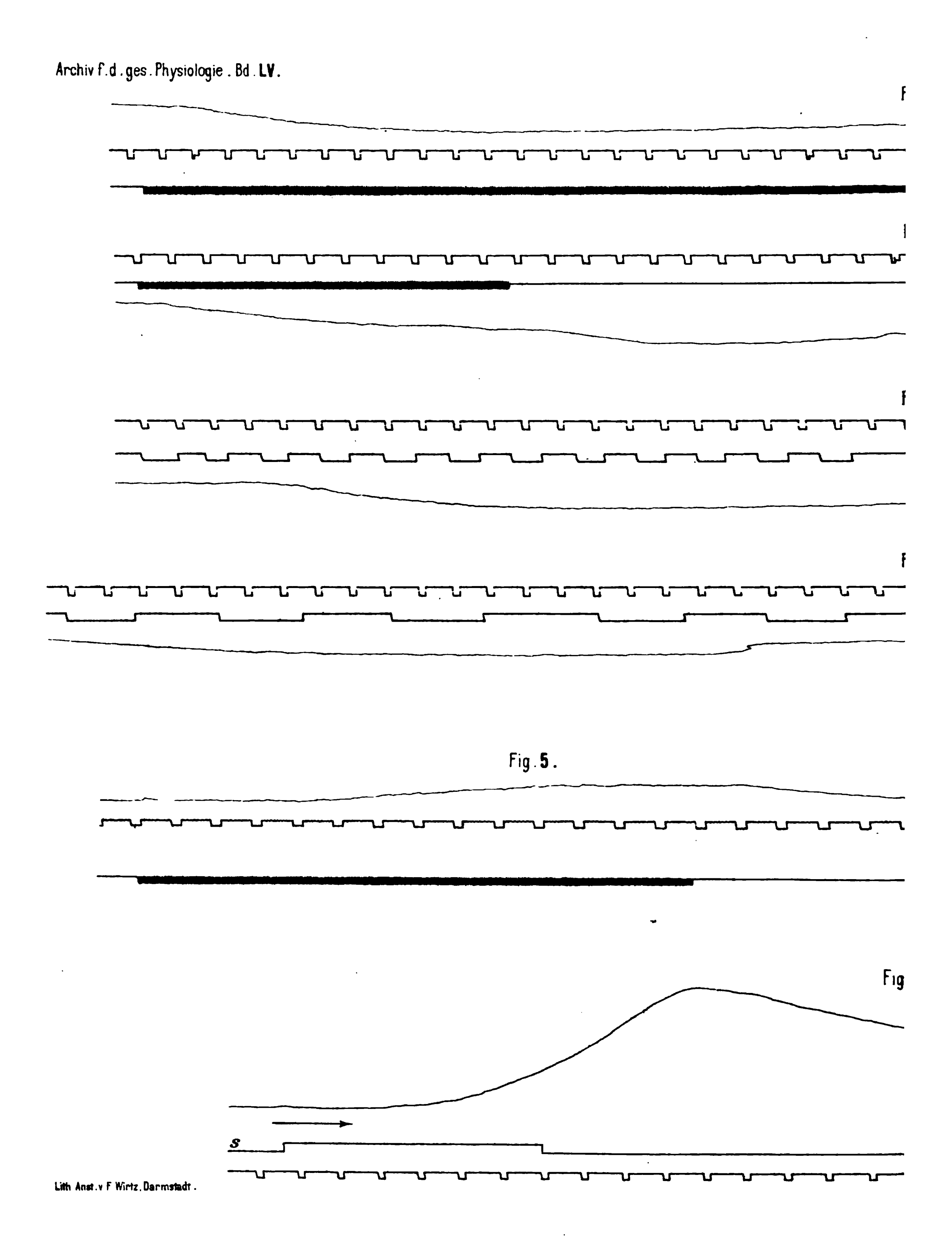


Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt

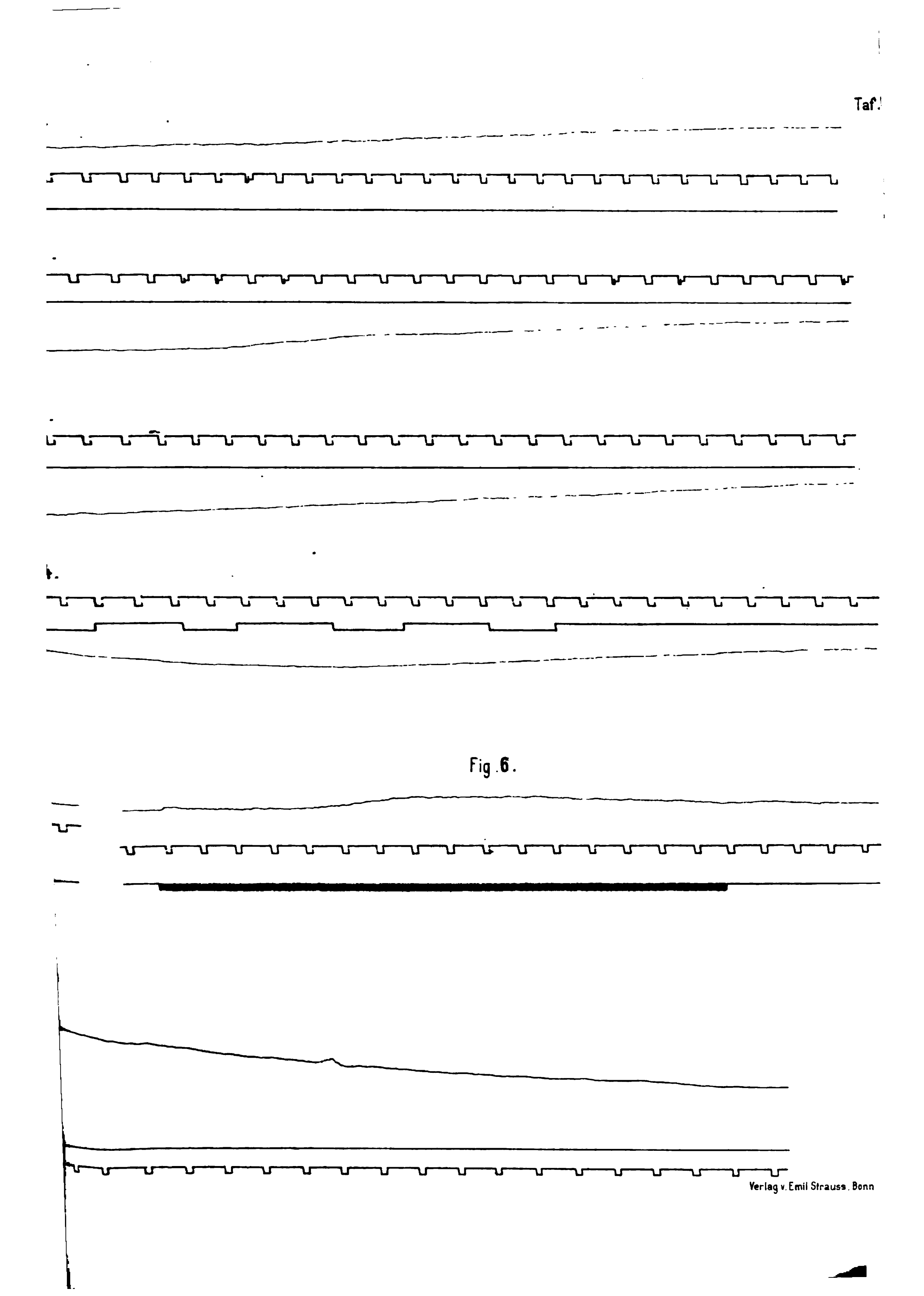


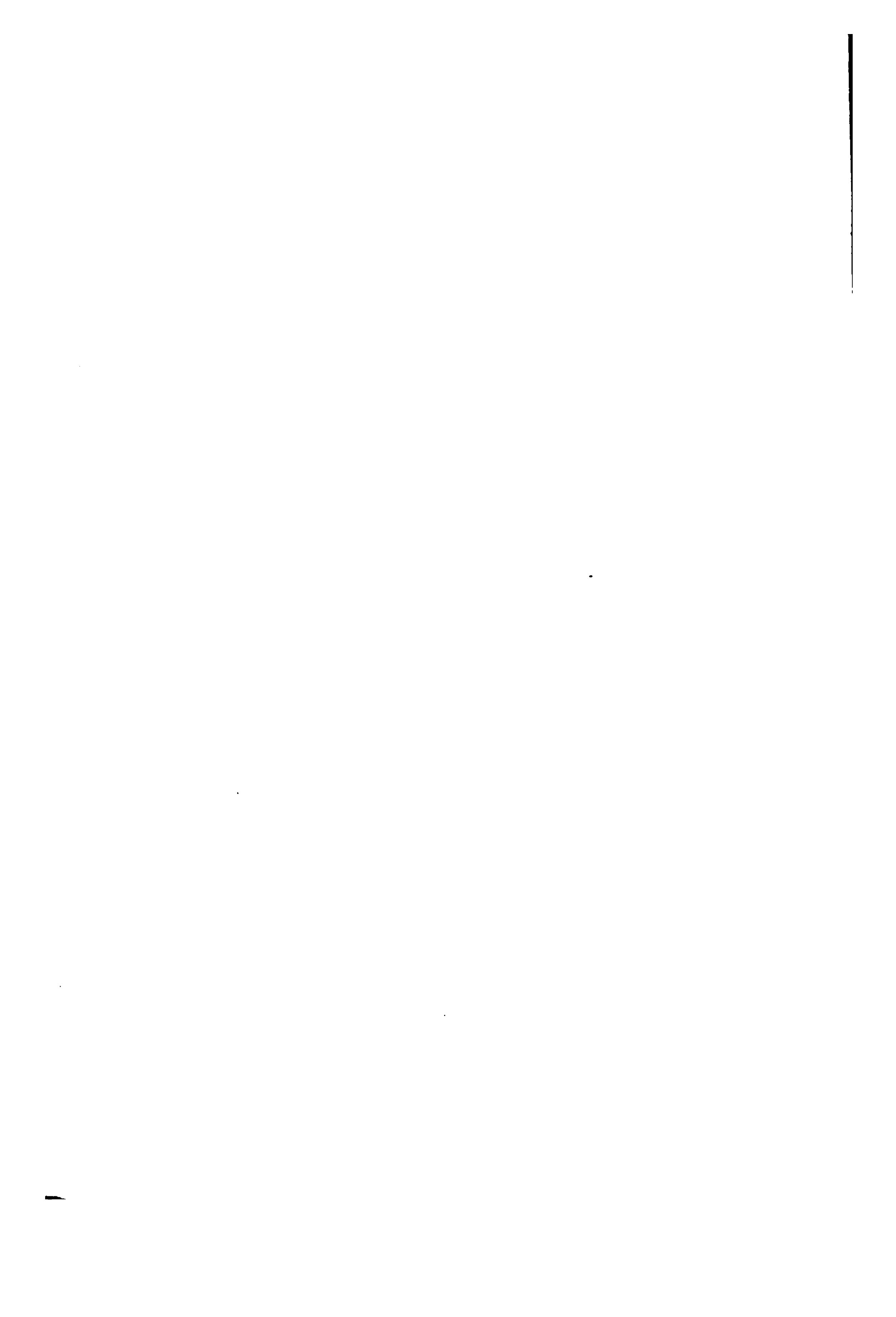
Verlag v. Emil Strauss, Bonn.





Lith Anst. v F Wirtz. Darmstadt.


Taf.
Fig. 6.
Verlag v. Emil Strauss. Bonn



Die verengende Wirkung des Sympathicus constatirte er auch am Kaninchenohre, in welchem die Durchschneidung des obengenannten Nerven eine Erweiterung der Gefässe und Erhöhung der Temperatur hervorruft. Diese letzte schrieb er einer besonderen Kathegorie der Nerven, nämlich der „nerfs calorifiques“ zu.

Durch die Versuche Claude-Bernard's wurde der zweifache Einfluss der Nerven auf die Gefässe festgestellt, nämlich die Erweiterung und die Verengerung. Seine Untersuchungen gaben den Anstoss anderen Physiologen zum Studium dieser Frage und man fand bald eine Reihe von gefässverengenden und gefässerweiternden Nerven. Wir kennen jetzt ziemlich genau die Einwirkung einzelner Nerven auf die entsprechenden Gebiete der Gefässe, wir kennen den Verlauf der Gefässnerven und ihre Centren — die Erklärung aber des peripheren Gefässmechanismus stösst auf grosse Schwierigkeiten und wartet auf die Lösung der Frage. So verhält sich nämlich die Sache mit der Erklärung der Gefässerweiterung. Wir besitzen in dieser Richtung mehrere Theorien, von deren sich vielleicht die Ganglientheorie, ähnlich der Ganglientheorie des Herzens der grössten Popularität erfreut. Diese Theorie ist in der That sehr bequem und auf ihrer Grundlage kann man die Gefässerweiterung leicht erklären, wie aber viele solcher Theorien entbehrt sie thatsächlicher Basis.

Da die Frage sehr interessant und in vielen Richtungen für die Physiologie, sowie auch Pathologie wichtig ist, so beschloss ich, eine Reihe von Versuchen anzustellen, die manchen zweifelhaften Punkte zu erklären strebten. Die Versuche habe ich schon im Jahre 1887 im Krakauer Laboratorium auf den Anstoss meines verehrten Lehrers Herrn Prof. Cybulski angefangen. Die Erfolge habe ich damals kurz im Centralblatte für Physiologie publicirt, in extenso, aber nur polnisch. Weiter habe ich diese Frage in Lemberg an der thierärztlichen Hochschule im Laboratorium des Herrn Prof. Szpilman verfolgt, und zwar habe ich daselbst die plethysmographischen Untersuchungen am Kaninchenohre angefangen. Diese Versuche habe ich weiter im Krakauer Laboratorium geführt, zu Ende aber habe ich sie im physiologischen Institute des Herrn Prof. Foster in Cambridge gebracht. In Cambridge habe ich auch den directen Einfluss der Temperatur auf die Gefässwände untersucht.

Da die Ergebnisse der Versuche nur in kurzen Mittheilungen in der deutschen Sprache erschienen sind, da sich auch meine Anschauungen seit den ersten Publicationen in mehreren Richtungen geändert haben, glaube ich als nützlich alle meine Untersuchungen in einer ausführlichen Publication zusammenzufassen.

Allen jenen Herren, die mir gestattet haben, ihre Laboratorien zu benutzen, sage ich hiermit meinen verbindlichsten Dank.

Methodisches.

Die Untersuchungsmethoden, mit welchen die ersten Beobachtungen über die Gefässinnervation gemacht worden sind, waren sehr einfach. Sie beruhten grösstentheils auf der unmittelbaren Beobachtung des Gefässzustandes der dem Auge zugänglichen Organe wie z. B. des Kaninchenohres, der Zunge, der Ruthe, der Schwimmhaut der Frösche, Enten, Flügelhaut der Fledermäuse u. s. w.

Weiter hat man auch die Menge des aus einer Vene ausfliessenden Blutes bestimmt. Man führte zu diesem Zwecke die Canüle in die entsprechende Vene hinein, wie z. B. in die Vene der Unterkieferspeicheldrüse, Vena dorsalis Penis u. s. w., und man berechnete die Menge des vor und nach der Reizung ausfliessenden Blutes. Dieser Methode bedienten sich die meisten Autoren, welche die Gefässe der Muskeln der Pfote untersucht haben. Es ist leicht verständlich, dass nach längere Zeit dauerndem Versuche das Thier eine für den Organismus und das Gelingen des Experimentes nicht gleichgültige Menge des Blutes verliert, wie es auch Frey in seinen Untersuchungen an der Submaxilardrüse bemerkt. Ausserdem ist häufige Gerinnung des Blutes beim Experiment sehr störend und erschwert eine genaue Untersuchung. Desto weniger verlässlich ist die Methode von Lovèn, welcher die Schwellkörper der Ruthe tief einschnitt und nachher eine Canüle einführte, welche er mit einem Manometer verband und die Veränderungen des Blutdruckes bei der Reizung des Nerven beobachtete.

Manche Autoren bestimmten auch den Blutdruck und die Geschwindigkeit des Blutes in entsprechenden Venen und Arterien, diese Methode ist aber nur bei grösseren Gefässen möglich, an manchen Organen ist dieselbe unausführbar.

Weitere Methoden beruhten auf der Messung der Temperatur vorwiegend mit Thermometern. Heidenhain hat aber auch eine

weit empfindlichere thermoelectrische Methode angewandt. Diese Methoden, obwohl schon genauer, geben uns aber nicht die Möglichkeit, den Zustand der Gefässe in jedem Momente zu verfolgen, und man hat auch nachgewiesen, dass die Gefässveränderungen nicht immer mit den Temperaturschwankungen im Zusammenhange stehen.

Dieser Bedingung entspricht am besten die graphische Methode, nämlich das Registriren der durch Gefässveränderungen hervorgerufenen Volumschwankungen des entsprechenden Organes, welche Methode zuerst Mosso zur Untersuchung der Circulation im menschlichen Arme angewandt hat.

Die ersten, welche diese Methode für die Untersuchung der Gefässinnervation an Thieren ausgeführt hatten, waren Bowditch und Warren. Sie construirten nämlich den Plethysmographen für die Pfote der Katze. Nachher haben auch Anrep und Cybulski die Gefässveränderungen der Ruthe und der Zunge des Hundes mit den Plethysmographen untersucht.

In meinen Untersuchungen über die Innervation der Zunge und der Ruthe des Hundes bediente ich mich der Plethysmographen, welche den von Anrep und Cybulski, in den aber mit der Pfote eines dem von Bowditch und Warren construirten ähnlich war. Sie waren aber behufs Abkühlung und Erwärmung des Organes entsprechend modificirt. Ich habe endlich einen Pletysmographen für das Kaninchenohr construirt und als Erster diese Methode zur Untersuchung des Organes angewandt.

Den Plethysmographen für die Zunge (Taf. III, Fig. 1) bildet eine flache, 6 cm hohe, 4 cm breite und 1 cm tiefe Blechbüchse, welche nach oben, entsprechend der Zunge kuppelartig gestaltet ist. Nach unten ist die Büchse offen. Der Plethysmograph wird mit doppelten Wänden versehen, welche zum Wechseln der Temperatur dienen. Die in den Zwischenraum eingeführten Röhrchen (w. r.) dienen zur Durchleitung des entsprechend temperirten Wassers. In den inneren Raum führen drei Röhrchen hinein. Das grösste von ihnen dient zur Einführung des Thermometers (t. r.), das zweite zur Verbindung mit dem Polygraphen (p. r.), das dritte (f. r.) aber zur Erleichterung der Einführung der Zunge in den Apparat. Dies geschieht auf folgende Weise: Der Plethysmograph wird unten mit einer dünnen Kautschukmembran (k. k.) verschlossen. In der Membran wird eine dem Umfange der Zunge

entsprechende Oeffnung ausgeschnitten. Mittelst des Röhrchens (f. r.) wird durch den Plethysmographen ein mit kleinem Häkchen versehener Faden durchgeführt. Das Häkchen wird in die Zungenspitze eingestochen und dieselbe wird vermittelst des Fadens so weit als möglich durch den Schlitz in der Kautschukmembran in den Plethysmographen vorgezogen. Das auf die Messingröhre aufgesetzte Kautschukröhrchen wurde nachher mit einer Klemmpincette verschlossen. Auf diese Weise befindet sich die Zunge in einem luftdicht verschlossenem Raum, welcher mit dem Polygraphen comunicirt und deren Volumschwankungen sich auf demselben abspiegeln.

Der Plethysmograph für die Ruthe (Taf. III, Fig. 2) wird durch eine doppelwandige 2 cm breite Röhre gebildet. Die Röhre wird oben flach, unten schräg unter spitzem Winkel abgeschnitten. Beide Oeffnungen werden mit Kautschukmembran (k. k.) verschlossen, und die durch einen Schnitt aus ihrer Scheide befreite Ruthe durch die Schlitzen in den Membranen in den Plethysmographen eingeführt.

Sowie im Plethysmographen für die Zunge wird ein Thermometer in den inneren Raum durch ein Röhrchen eingeführt, ein weiteres Röhrchen aber verbindet den Apparat mit dem Polygraphen. Bei den Untersuchungen an der Ruthe muss man jedoch diese Vorsichtsmaassregel beobachten, dass in der Harnblasenwand ein Schlitz zum Einführen eines Röhrchens gemacht werde. Durch dieses Röhrchen soll der Harn ausfliessen. Aber auch in diesem Falle kommt es manchmal vor, dass bei Reizung der N. origentes etwas Harn durch die Harnröhre ausfliesst. Deswegen ist die beschriebene Modification viel bequemer als der am oberen Ende verschlossene Plethysmograph von Anrep und Cybulski, welchen man in diesem Falle immer entfernen muss.

Den Plethysmographen für die Pfote (Taf. III, Fig. 3a, 3b) bildet eine doppelwandige Blechbüchse, deren Innenraum sich conisch nach oben verengt. Die Länge der Büchse beträgt 25 cm, die Breite (unten) 6 cm, die Tiefe $4^1/_2$ cm. Sonst war die Einrichtung ähnlich der vorigen. Die Kautschukmembran war dicker als beim Plethysmographen für die Zunge. Um einen hermetischen Verschluss zu erzielen, ohne durch dicke Membran einen stärkeren Druck auf die Gefässe auszuüben, wurde in der Membran eine Oeffnung ausgeschnitten, welche genau dem Umfange

der Pfote entsprach, und es wurde nachher die Membran und der beiliegende Theil der Pfote mit einer weichen Salbe aus Empl. Dyachilii, 50 gr, Therebintinae venetae und Ol. Therebint. $\overline{aa}$ 25 gr beschmiert.

Als Plethysmograph für das Kaninchenohr (Taf. III, Fig. 4a, 4b) diente mir eine doppelwandige Blechbüchse, welche die Gestalt und das Ausmass des zusammengelegten Kaninchenohres besass — unten rund, verschmälerte sie sich nach oben und endigte in ein dünnes Röhrchen. Unten war dieser Plethysmograph mit einer Kautschukmembran verschlossen, in welcher ein ovales Loch ausgeschnitten wurde, welches zum Einführen des Kaninchenohres diente. Nachdem man dies gethan hatte, wurde noch die Kautschukmembran am Ohre mit der beschriebenen Salbe beschmiert. Vor Einbringen des Ohres in den Plethysmographen wurde der Meatus auditorius mit in Vaselin getränkter Watte verstopft.

Die beschriebenen Plethysmographen wurden mit einem äusserst empfindlichen Polygraphen mittelst einer dickwandigen, etwa 100 cm langen, mit verschliessbarer Seitenöffnung versehener Kautschukröhre verbunden. Auf dem Polygraphen wurde eine äusserst empfindliche Membran aus dem Condon angespannt. Diese Membran muss sehr oft gewechselt werden, da sie ziemlich rasch ihre Elasticität verliert.

Die Volumschwankungen wurden mittelst dieses Polygraphen auf einer mit verschiedener Geschwindigkeit sich umdrehender Ludwig-Baltzar'scher Trommel registrirt. Ein electrisches Signal markirte die Reizmomente, das andere die Sekunden.

Als Reizquelle diente mir ein durch zwei Daniell gespeister Schlittenapparat von Du Bois-Reymond. Der Strom wurde zum Nerven mittelst etwas modificirten Electroden von Ostroumoff zugeführt.

Die Nerven wurden auf übliche Weise auspräparirt. Die Thiere wurden vorsichtig curarisirt, so dass gewöhnlich noch kleine Zuckungen bei Reizung motorischer Nerven, wie N. Hypoglossus, N. Ischiadicus etc. eintraten. Curarisirt man die Thiere sehr stark, so sind die vasomotorischen Erscheinungen sehr schwer mit der plethysmographischen Methode zum Vorschein zu bringen. Alle Bedingungen übrigens, welche den Blutdruck herabsetzen, üben

einen sehr ungünstigen Einfluss auf den Verlauf des Versuches. Zum Gelingen des letzteren ist starker Blutdruck unentbehrlich.

Die Gefässinnervation der Zunge.

Vulpian hat gezeigt, dass die Gefässe der Zunge durch zwei entgegengesetzt wirkende Nerven versorgt sind und zwar durch N. lingualis und N. hypoglossus. Der erste gehört zu den Dilatatoren, der zweite zu den Constrictoren. Die Wirkung des Lingualis hängt von den Fasern der Chorda tympani ab, wie es auch Prévost mittelst der Waller'schen Degenerationsmethode bewiesen hat.

Die Reizung des N. hypoglossus führt aber nicht immer zur Verengerung der Gefässe der Zunge. Lépine constatirte bei Fröschen auch eine erweiternde Wirkung, Anrep und Cybulski aber sahen die Erweiterung der Zungengefässe nach Reizung des Hypoglossus bei dem Hunde. Sie haben auch eine Erweiterung der Gefässe bei Anwendung schwacher Ströme bei demselben Nerven beobachtet, bei welchem stärkere eine Verengerung zur Folge hatten. Sie haben also ähnliche Verhältnisse gefunden, wie mehrere Autoren beim Ischiadicus.

Ich schreite jetzt zur Beschreibung meiner eigenen Versuche an N. lingualis.

Nervus lingualis.

Die Wirkung des Nerven auf die Gefässe wurde durch Anrep und Cybulski mit der plethysmographischen Methode untersucht. Die Autoren haben gefunden, dass zur Hervorrufung der Gefässerweiterung schon ein Einzelschlag des Inductionsstromes ausreichend ist, dass die Latenzzeit gegen 1 Sec. beträgt und von der Stärke des Reizes wesentlich unabhängig ist, das endlich Atropin ohne Wirkung bleibt.

Ich untersuchte den Einfluss des Nerven bei der gewöhnlichen Zimmertemperatur (gegen 15°) und bei Erwärmung der Zunge beinahe bis 40° und Abkühlung bis 10°.

Ich gebe hier einige Beispiele an:

Nr. I. Grosser Hund. Beide Linguales durchschnitten. Hypoglossi intact. Curare wurde in die Schenkelvene injicirt. Umdrehungsgeschwindigkeit der Trommel beträgt 1 Min.

Rollenabstand	Anzahl der Schläge oder Dauer der Reizung	Latenzzeit	Maximum der Erweiterung nach	Bemerkungen
60 mm	2 Schl.	0,6"	6"	Beide Nerven gereizt.
"	2 "	1,0"	7"	" " "
"	2 "	1,0"	8"	" " "
"	5 Sec.	0,9"	?	Der rechte Nerv gereizt.
"	7 "	1,0"	18"	" " " "
"	8 "	1,2"	12"	Der linke Nerv gereizt.
"	15 "	1,0"	18"	Beide Nerven gereizt.
		Abkühlung.		
60 mm	2 Schl.	3,0"	18"	Beide Nerven ger. Temp. = 13°.
"	4 "	3,5"	18"	Temp. = 10°.
Nach einstündiger Pause bei der Zimmertemperatur				
60 mm	2 Schl.	0,8"	17"	Beide Nerven gereizt.
"	2 "	1,0"	15"	" " "
"	1 Sec.	1,2"	12,5"	" " "
		Erwärmung.		
60 mm	2 Schl.	0,75"	5,75"	Temp. 40°. Die Länge der
"	2,75 Sec.	0,75"	8"	ganzen Welle beträgt gegen
"	2 Sec.	1,0"	12"	19 Sec.
Beide Hypoglossi durchschnitten. Beide Linguales bei Zimmertemperatur gereizt.				
60 mm	Mehrere Schläge	1,0"	19"	—
"		1,2"	19"	—
"		1,2"	20"	—
		Abkühlung.		
60 mm	"	2,5"	13"	Temp. 14°.
"	"	2,5"	16"	" 13
"	"	3,3"	29"	" 10
		Erwärmung.		
60 mm	"	0,75"	1"	Temp. 35°. Wellenlänge 18 Sec.
"	"	0,6"	5"	" 40°.
"	"	0,6"	2,75"	" 40 " 15 "
"	"	0,5"	3"	" 40
"	"	0,75"	5,5"	" 34 " 29 "

Wie man schon aus dem angegebenen Protokolle sehen kann, ist die Latenzzeit von der Temperatur in hohem Grade abhängig; sie verkürzt sich bei Erwärmung und verlängert sich wesentlich bei

Abkühlung der Zunge. Bei gleich dauernder Reizung und Stromstärke kommt die Erweiterung rascher zum Maximum, bei Abkühlung aber viel später als bei der Zimmertemperatur. Die Wellenlänge verhält sich auch auf dieselbe Weise, sie wird nämlich viel kürzer bei Erwärmung, so dass ich sie selbst bei dem relativ schnellen Umlauf der Trommel bequem bestimmen konnte. Bei Abkühlung zeichnet die Feder des Polygraphen die Pulsationen so genau, dass man auch den Dicrotismus beobachten kann; die Pulsationen verschwinden gänzlich bei Erwärmung.

Nr. II. Mittelgrosser Hund. Beide Linguales durchschnitten. Hypoglossi intact. Curare in die Schenkelvene injicirt.

Rollenabstand	Anzahl der Schläge oder Dauer der Reizung	Latenzzeit	Maximum der Welle	Bemerkungen
60 mm	2 Schl.	1,2"	8"	—
"	2 "	1,2"	10"	—
"	6 "	1,4"	13"	—
		Abkühlung.		
60 mm	2 Schl.	5,0"	?	Temp. 15⁰.
"	2 "	6,0"	24"	" 14
"	2 "	10,0"	?	" 10
"	6 "	5,0"	40"	" 12
"	3 Sec.	7,0"	47"	" 10
		Zimmertemperatur.		Nach 4 1/3 Stunden.
40 mm	2 Schl.	1,5"	16"	—
"	2 "	1,8"	21"	—
		Erwärmung.		
40 mm	2 Schl.	0,75"	7"	Temp. 35⁰.
"	2 "	0,85"	7"	" 38
"	2 "	0,75"	7"	" 38
"	2 "	0,90"	5"	" 38
"	2 "	1,00"	7"	" 38
"	6 "	0,75"	9"	" 40
"	6 "	0,85"	7"	" 40
"	6 Sec.	1,0"	16"	" 40
"	2 Schl.	0,75"	6"	" 40
"	6 "	0,90"	7"	" 40
"	10 "	1,00"	6"	" 40

Nr. III. Grosser Hund. Curare in die Schenkelvene injicirt. Beide Linguales und Hypoglossi durchschnitten.

Rollenabstand	Anzahl der Schläge oder Dauer der Reizung	Latenzzeit	Maximum	Bemerkungen
60 mm	1 Schl.	1,2"	3,5"	—
"	1 "	1,3"	2,5"	—
"	1 "	1,3"	4,0"	—
		Abkühlung.		
60 mm	1 Schl.	2,5"	28"	Temp. 16°.
"	10 "	3,5"	35"	" 14
"	0,5 Sec.	4,75"	?	" 14
		Erwärmung.		
60 mm	1 Schl.	0,75"	2,0"	Temp. 40°.
"	1 "	0,60"	2,5"	—
"	6 "	1,0"	4,0"	—
"	8 "	0,75"	5,0"	—
"	12 "	0,6"	5,0"	—

Nr. IV. Mittelgrosser Hund. Curare in die Schenkelvene injicirt. Beide Linguales und Hypoglossi durchschnitten.

Rollenabstand	Anzahl der Schläge oder Dauer der Reizung	Latenzzeit	Maximum	Bemerkungen
40 mm	2 Schl.	1,25"	9"	—
"	2 Sec.	1,25"	19"	—
		Erwärmung.		
40 mm	1 Schl.	0,95"	4,0"	Temp. 38°. Wellenlänge 12,5 Sec.
"	2 "	0,75"	2,5"	" 40 " 9,5 "
"	6 "	0,50"	5,0"	" 40 " 20 "
		Abkühlung.		
40 mm	2 Schl.	3,0"	19"	Temp. 15°.
"	4 "	3,0"	14"	" 13
"	4 "	4,0"	10"	" 10

Nach 5 Stunden, wenn schon die Reizbarkeit des Nerven und der Blutdruck herabgesetzt war, wurde Atropin in Dosen von 1 centigr injicirt. Man hat vorher einige Bestimmungen an normalen Nerven gemacht.

Rollenabstand	Anzahl der Schläge oder Dauer der Reizung	Latenzzeit	Maximum	Bemerkungen
40 mm	Länger dauernde Reizung	1,50"	10"	—
"		1,25"	16"	—
"		1,30"	15"	5 Min. nach Injection von 0,01 atr. Sulph.
"		1,25"	16"	Nach 10 Min.
"		1,25"	14"	Nach 15 Min. und 0,01 atr. Sulph. Zusammen 0,02 a. S.
"		1,30"	?	Nach 20 Min.
"		1,00"	17"	Nach 30 Min.

Ausser den Erscheinungen, welche in vorigen Versuchen beobachtet worden sind, kann man hier constatiren, dass Atropin keinen Einfluss auf die Wirkung des Nerven auf die Gefässe ausübt, obwohl man das Experiment in etwas ungünstigen Verhältnissen gemacht hat. Die beschriebenen Erscheinungen werden durch (Fig. 1, Taf. IV) illustrirt.

In folgenden Versuchen bestimmte ich die Wellenlänge bei langsamer Umdrehung der Trommel. Die Latenzzeit kann man natürlich in diesen Bedingungen nur in Annäherung angeben.

Nr. V. Mittelgrosser Hund. Curare in die Schenkelvene injicirt. Beide Linguales und Hypoglossi durchschnitten.

Rollenabstand	Dauer der Reizung	Maximum	Wellenlänge	Bemerkungen
60 mm	1 Sec.	6"	50"	Latenzzeit gegen 1 Sec.
"	1 "	10"	57"	—
"	1 "	8"	70"	—
		Abkühlung.		
60 mm	1 Sec.	52"	6"	Temp. 10°. Latenzzeit 4 Sec.
"	1 "	80"	10"	" 10°. " 5 "
		Zimmertemperatur.		
60 mm	1 Sec.	25"	270"	Latenzzeit gegen 1 Sec.
"	1 "	22"	200"	" " 1 "
		Erwärmung.		
60 mm	1 Sec.	11"	80"	Temp. 35°.
"	1 "	10"	66"	" 38
"	1 "	10"	35"	" 40
"	1 "	9"	35"	" 42
"	1 "	7"	32"	" 42
"	1 "	4"	34"	" 42
		Abkühlung.		
60 mm	1 Sec.	105"	12"	Temp. 10°. Latenzzeit 9 Sec.
"	1 "	148"	15"	" 10°. " 8 "

Ich reizte den Nerven bei normaler Zimmertemperatur durch 14 Min. bei Rollenabstand = 40 Min. Die Welle wuchs gegen 10 Min. jedoch unregelmässig, bald schneller, bald langsamer an; nach 10 Min. fing sie an, sehr langsam abzufallen und die Gefässe contrahirten sich weiter regelmässig nach Beendigung der Reizung.

Nr. VI. Mittelgrosser Hund. Curare in die Schenkelvene injicirt. Beide Linguales durchschnitten. Hypoglossi intact.

Rollenabstand	Anzahl der Schläge	Maximum	Wellenlänge	Bemerkungen
40 mm	1 Schl.	2"	6"	Latenzzeit gegen 1 Sec.
"	1 "	3"	19"	"
"	1 "	4"	31"	"
"	1 "	6"	39"	"
		Erwärmung.		
40 mm	1 Schl.	1,5"	10"	Temp. 40°.
"	1 "	1,0"	2,5"	—
"	1 "	1,0"	4"	—
"	1 "	1,0"	12"	—
"	2 "	1,0"	13"	—
"	2 "	0,75"	9,5"	—
		Abkühlung.		
40 mm	1 Schl.	13"	40"	Temp. 10°.
"	1 "	13"	68"	" 10
"	2 "	14"	60"	" 10
"	2 "	13"	62"	" 10

Die Veränderungen der Wellen bei verschiedener Temperatur veranschaulicht (Fig. 2, Taf. IV.)

Nr. VII. Grosser Hund. Curare in die Schenkelvene injicirt. Beide Linguales durchschnitten. Hypoglossi intact. Rollenabstand 40 mm. In dem Versuche hat man die Nerven 1 Stunde 20 Min. gereizt. Die Feder des Polygraphen stieg gegen 15 Min. an, verharrte auf derselben Höhe gegen 5 Min. und fing an zuerst ziemlich schnell, dann aber sehr langsam abzufallen, so dass sie sich nach 1 stündiger Reizung auf $^1/_8$ der ursprünglichen Höhe erhielt. Nach Aufhören der Reizung fällt sie noch langsam durch 20 Min. ab, kommt aber nicht gänzlich zum Nullpunkt. Ich wiederholte die Reizung nach $1^1/_2$ stündiger Pause bei 10°. Die Feder stieg 20 Min. an, also um 5 Min. länger als bei gewöhnlicher Temperatur, blieb auf derselben Höhe gegen 15 Min., also um 10 Min. länger und dann erst fing sie sehr langsam an abzufallen. Nach Beendigung der 40 Min. langen Reizung fiel sie noch mehr ab, erreichte aber nicht den Nullpunkt.

Aus den vorstehenden Versuchen kann man folgendes ersehen:

1. Die Reizung des Lingualis ruft immer nur die Erweiterung der Gefässe der Zunge hervor, wozu schon die Einzelschläge des Inductionsstromes ausreichend sind.

2. Bei Zimmertemperatur beträgt die Latenzperiode 0,6" bis 1,5". Dieselbe wächst an bei Abkühlung der Zunge durchschnitt-

lich bis zu 3 Sek., manchmal aber höher, sogar bis 8 Sek. Bei Erwärmung wird die Latenzzeit bis auf 0,25″ verkürzt.

3. Bei Abkühlung der Zunge wird die Curve höher und länger, die Erweiterung der Gefässe also stärker und länger dauernd, bei Erwärmung dagegen wird die Welle niedriger und kürzer.

4. Bei längerdauernder Reizung (durchschnittlich ca. 30 Min.) sind die Gefässe dauernd erweitert, wonach sie sich nach Aufhören der Reizung wieder contrahiren.

5. Atropin übt keinen Einfluss auf die Erscheinungen aus.

Nervus hypoglossus.

Anrep und Cybulski haben ähnliche Verhältnisse beim Hypoglossus wie beim Lingualis beobachtet. Die Latenzzeit wäre nach diesen Forschern dieselbe wie beim Lingualis, nämlich gegen 1 Sek. und es reichen schon Einzelschläge zur Hervorrufung des Erfolges.

Ich untersuchte die Wirkung des Nerven bei verschiedener Temperatur und gebe hier einige Protokolle meiner Versuche an.

Nr. I. Grosser Hund. Curare in die Schenkelvene injicirt. Beide Hypoglossi durchschnitten. Linguales intact. Umdrehungsgeschwindigkeit der Trommel 1 Min.

Rollenabstand	Dauer der Reizung oder Anzahl der Schläge	Latenzzeit	Maximum	Bemerkungen
60 mm	1 Schl.	1,00″	5″	Beide Nerven zugleich gereizt.
„	1 „	1,00″	6″	„
„	2 „	1,00″	6″	„
„	1 Sec.	0,75″	11″	„
„	2 „	0,75″	12″	„
		Erwärmung.		
60 mm	1 Sec.	0,35″	5″	Temp. 40°. Einzelschläge gaben eine Verengerung d. Gefässe, die Curven waren aber nicht deutlich genug zu genaueren Bestimmungen.
„	2 „	0,50″	5″	
„	2 „	0,50″	7″	
		Abkühlung.		
60 mm	2 Sec.	2,50″	20″	Temp. 10°. Die Reizung mit Einzelschlägen blieb ohne Erfolg, erst über 10 Schläge rufen eine schwache Verengerung d. Gefässe hervor.
„	4 „	2,25″	18″	
„	8 „	3,50″	30″	
„	10 „	2,25″	23″	
„	12 „	2,00″	22″	

Schon aus diesem einzelnen Versuche sehen wir die Aehnlichkeit im Verhalten beider Nerven der Zunge, nämlich des Lingualis und Hypoglossus. Hypoglossus reagirt auch auf Einzelschläge — die Latenzperiode steht sehr nahe der Latenzzeit des Lingualis — sie verlängert sich bei Abkühlen und verkürzt bei Erwärmen der Zunge.

Nr. II. Grosser Hund. Curare in die Schenkelvene injicirt. Beide Hypoglossi, Linguales und Sympathici durchschnitten.

Rollenabstand	Dauer der Reizung oder Anzahl der Schläge	Latenzzeit	Maximum	Bemerkungen
60mm	2 Schl.	1,00″	4″	—
„	10 „	1,00″	5″	—
„	6 Sec.	0,80″	12″	—
„	8 „	1,00″	18″	—
		Abkühlung.		
60mm	6 Sec.	2,00″	14″	Temp. 10°.
„	8 „	2,00″	16″	„ 10
„	10 „	2,00″	16″	„ 10
		Erwärmung.		
60mm	6 Sec.	1,00″	10″	—
„	8 „	0,85″	7″	—
„	10 „	0,70″	13″	—

Nr. III. Grosser Hund. Curare wurde in die Schenkelvene injicirt. Beide Hypoglossi und Linguales durchschnitten.

60mm	4 Sec.	0,65″	7″	—
„	6 „	0,80″	8″	—
„	8 „	0,75″	10″	—
		Abkühlung.		
60mm	4 Sec.	1,50″	12″	Temp. 15°. Bei nachheriger
„	6 „	1,50″	14″	Abkühlung bis auf 10° blieb
„	12 „	1,60″	20″	jede Reizung erfolglos.
		Erwärmung.		
60mm	4 Sec.	0,30″	?	Temp. 40°.
„	5 „	0,30″	7″	—
„	6 „	0,35″	8″	—
„	7 „	0,50″	9″	—
„	8 „	0,25″	9″	—

Nr. IV. Kleiner Hund. Curare in die Schenkelvene injicirt. Beide Hypoglossi und Linguales durchschnitten.

Rollenabstand	Dauer der Reizung oder Anzahl der Schläge	Latenzzeit	Maximum	Bemerkungen
60 mm	10 Sec.	0,80″	23″	—
„	12 „	0,75″	24″	—
„	14 „	0,80″	26″	—
		Erwärmung.		
60 mm	10 Sec.	0,50″	11″	Temp. 40°.
„	12 „	0,60″	15″	—
„	14 „	0,50″	17″	—
„	16 „	0,60″	18″	—
		Abkühlung.		
60 mm	12 Sec.	1,75″	35″	Temp. 20°.
„	14 „	1,75″	40″	Bei 10° kein Erfolg mehr.
„	16 „	2,00″	40″	—

Ausser den bekannten Erscheinungen, welche sich hier wiederholen, sehen wir, dass die Nerven nach längerdauernder und stärkerer Abkühlung der Zunge auf die Gefässe zu wirken aufhören.

Nr. V. Mittelgrosser Hund. Curare in die Schenkelvene injicirt. Beide Hypoglossi durchschnitten. Linguales intact.

Rollenabstand	Dauer der Reizung oder Anzahl der Schläge	Latenzzeit	Maximum	Bemerkungen
60 mm	12 Sec.	0,80″	18″	—
„	14 „	0,80″	21″	—
„	20 „	1,00″	30″	—
		Erwärmung.		
60 mm	12 Sec.	0,60″	13″	Temp. 40°.
„	14 „	0,70″	18″	—
„	16 „	0,60″	18″	—
		Abkühlung.		
60 mm	12 Sec.	3,50″	20″	—
„	14 „	3,50″	24″	—
„	16 „	4,00″	25″	—

Beide Linguales wurden nachher durchgeschnitten und gereizt. Nach 5 stündigem Versuche wurden 0,020 atr. Sulph. injicirt und Hypoglossi gereizt.

60mm	12 Sec.	1,00″	17″	50 Min. nach der Injection.
„	13 „	1,20″	18″	60 Min. nach d. ersten Inject. Es wurden noch 0,01 atr. Sulph. injicirt.
„	18 „	1,20″	24″	70 Min. nach der Injection.
„	12 „	1,20″	16″	80 „ „ „ „
„	20 „	1,50″	25″	90 „ „ „ „
„	18 „	1,50″	22″	100 „ „ „ „

Atropin, wie man sieht, übt keinen Einfluss auf die Gefässverengerung. Eine kleine Vergrösserung der Latenzzeit muss man der Ermüdung des Gefässapparates nach 5 st. Versuche zuschreiben.

Die bis jetzt beschriebenen Erscheinungen sieht man an Fig. 3, Taf. IV.

Um nicht nur die Latenzzeit aber auch den Verlauf der ganzen Curve genauer studiren zu können, habe ich eine besondere Reihe von Versuchen bei langsamer Umdrehung der Trommel gemacht.

Nr. VI. Mittelgrosser Hund. Curare in die Schenkelvene injicirt. Beide Hypoglossi und Linguales durchschnitten.

Rollenabstand	Dauer der Reizung	Maximum	Wellenlänge	Bemerkungen.
60mm	1 Sec.	8″	80″	—
„	1 „	10″	120″	—
„	1 „	9″	100″	—
		Abkühlung.		
40mm	1 Sec.	25″	150″	Temp. 15⁰. Bei nachherigem Abkühlen bis 10⁰ kein Erfolg mehr.
„	1 „	30″	200″	
„	1 „	28″	185″	
		Erwärmung.		
40mm	1 Sec.	4″	?	Temp. 40⁰.
„	1 „	5″	20″	—
„	1 „	6″	24″	—

Es wurden nachher beide Nerven bei normaler Temperatur durch 15 Min. bei 40 mm Rollenabstand gereizt. Die Curve kam nach 8 Min. zum Maximum, auf welchem sie durch die ganze Zeit verblieb. Nach Aufhören der Reizung fing die Feder sich ziemlich schnell zu heben an und kam zum Nullpunkt.

Nr. VII. Grosser Hund. Curare in die Schenkelvene injicirt. Beide Hypoglossi durchschnitten und gereizt. Linguales intact.

Rollenabstand	Dauer der Reizung	Maximum	Wellenlänge	Bemerkungen
40 mm	1 Sec.	9″	60″	—
„	1 „	8″	75″	—
„	1 „	10″	65″	—
		Abkühlung.		
40 mm	1 Sec.	25″	96″	Temp. 12⁰.
„	1 „	20″	90″	—
„	1 „	40″	160″	—
		Erwärmung.		
40 mm	1 Sec.	5″	20″	Temp. 40⁰.
„	1 „	6″	18″	—
„	1 „	4″	15″	—

Nr. VIII. Kleiner Hund. Curare in die Schenkelvene injicirt. Beide Hypoglossi durchschnitten. Linguales intact.

Rollenabstand	Dauer der Reizung	Maximum	Wellenlänge	Bemerkungen
60 mm	5 Sec.	12″	82″	—
„	5 „	10″	96″	—
„	5 „	10″	67″	—
		Abkühlung.		
40 mm	10 Sec.	27″	200″	Temp. 10⁰. Bei 60 mm Rollenabstand u. 5 Sec. Dauer der Reizung keine Wirkung.
„	10 „	25″	180″	
„	10 „	24″	190″	
		Erwärmung.		
40 mm	10 Sec.	12″	60″	Temp. 40⁰.
„	10 „	11″	66″	—
„	10 „	13″	40″	—

N. IX. Grosse Hündin. Curare in die Schenkelvene injicirt. Beide Hypoglossi durchschnitten. Linguales intact.

Rollenabstand	Dauer der Reizung	Maximum	Wellenlänge	Bemerkungen
60 mm	5 Sec.	10″	85″	—
„	5 „	12″	78″	—
„	5 „	8″	70″	—
		Abkühlung.		
Temp. 10⁰. Selbst die stärksten Ströme blieben ohne Wirkung.				
		Erwärmung.		
60 mm	5 Sec.	6″	40″	Temp. 40⁰.
„	5 „	7″	45″	—
„	5 „	8″	55″	—

Wir sehen, dass die Curve nicht nur später ihr Maximum erreicht bei Abkühlung und früher bei Erwärmung, dass sie aber in demselben Verhältniss zum Nullpunkt zurückkehrt, d. h. später bei Abkühlung, früher bei Erwärmung der Zunge.

Man kann diese Verhältnisse an Fig. 4, Taf. IV beobachten.

Nr. X. Grosser Hund. Curare in die Schenkelvene injicirt. Beide Hypoglossi durchschnitten. Linguales intact.

Bei dauernder Reizung bei 40 mm Rollenabstand sank die Feder des Polygraphen durch 10 Min. wonach sie durch weitere 30 Min. auf derselben Höhe verblieb. Nach Aufhören der Reizung fing sie sich zu heben an, kam aber nicht gänzlich zum Nullpunkt.

Man hat die Nerven durch 30 Min. bei 10^0 gereizt. Maximum der Verengerung nach 10 Min. Bis zu 20 Min. verblieb die Feder an derselben Höhe, wonach sie sich schon während der Reizung ziemlich schnell zu heben angefangen hat.

Manche Autoren behaupten, dass die gefässverengernden Nerven weniger erregbar sind als die gefässerweiternden. Das gilt auch nach Ostroumoff für den Hypoglossus und Lingualis. Ich konnte das in meinen Untersuchungen nicht constatiren. Dieselbe Stromstärke, welche für die Hervorrufung der Erweiterung bei Reizung des Lingualis ausreichend ist, kann auch schon die Verengerung vom Hypoglossus aus zur Folge haben. In beiden Fällen sind schon die Einzelschläge wirksam. Der Unterschied ist, wie ich glaube, in den Methoden zu suchen. Man beschränkte sich grösstentheils auf die unmittelbare Beobachtung des Gefässzustandes mit dem Auge, wobei die kleineren Veränderungen leicht entgehen, während man mit der plethysmographischen Methode selbst die kleinsten Veränderungen genau beobachten und registriren kann.

Es ist noch ein Umstand hervorzuheben. Es versagen nämlich überhaupt die Hypoglossi viel öfter als die Linguales und man kann selbst mit stärksten Strömen keine Verengerung hervorrufen. Man sieht das auch in den Versuchen von Anrep und Cybulski. Im Gegensatze mit diesen Autoren konnte ich eine Erweiterung anstatt der Verengerung der Gefässe bei Reizung des Hypoglossus nie beobachten.

Ich fasse noch die Ergebnisse kurz zusammen:

1. Hypoglossus ist gefässverengernder Nerv der Zunge. Er antwortet schon auf die Einzelschläge des Inductionsstromes.

2. Die Latenzperiode beträgt 0,60—1,00 Sek., sie wächst bei Abkühlung bis auf 4 Min. an.

3. Das Erwärmen der Zunge verkürzt die Latenzperiode auf 0,25 Sek.

4. Maximum der Verengerung und das Zurückkehren zum früheren Zustande erfolgt beim Erwärmen früher, beim Abkühlen später als bei gewöhnlicher Temperatur. Die Curve wird beim Erwärmen höher resp. tiefer, beim Abkühlen niedriger.

5. Bei längerdauernder Reizung verbleiben die Gefässe in der Verengerung gegen 28 Min.

6. Atropin wirkt auf Hypoglossus nicht.

Die Gefässinnervation der Pfote.

Die Wirkung des Ischiadicus auf die Gefässe der Pfote wurde schon Claude-Bernard bekannt. Er betrachtete den Nerven als Vasoconstrictoren. Seit seinen Untersuchungen haben sehr viele Autoren die Innervation der Gefässe der Pfote studirt, jedoch zu endgültigen Schlüssen ist man nicht gekommen; im Gegentheil, in keiner Richtung haben wir vielleicht so viele streitige Angaben, als in dieser Frage.

Nach Cl.-Bernard, Brown-Sequard, Loven, Saviatti, Riegl, Putzeys u. Tarchanoff, Nussbaum, Dastre und Morat, Vulpian u. a., besitzen Ischiadicus und Cruralis nur gefässverengende Nerven; nach Goltz, Masius und Vanlair nur erweiternde; nach Lepine, Bernstein, Ostroumoff, Heidenhain und Grützner, Kendall und Luchsinger, Latschenberger und Deahna, Frausberg und Gergens, Lewaschow, Dziedziul, Bowditsch und Warren, Gaskell, Ellis, Katzenstein, Mlodziejewski etc., endlich besitzen sie beiderlei Nerven, der Erfolg aber hängt wesentlich von der Art der Reizung ab. Die Mehrzahl der genannten Autoren behauptet, das schwache tetanisirende Ströme oder rhytmische Einzelschläge des Inductionsstromes, welche sich ziemlich selten (1, 2 bis 3 in der Sek.) wiederholen, eine Erweiterung hervorrufen, wohingegen starke Ströme nur eine Verengerung zur Folge haben.

Nach mehreren Autoren hängt auch die Wirkung vom Zustande des Nerven ab. Schneidet man den Nerven durch und reizt erst 2—3 Tage nachher, so bekommt man mit schwachen Strömen eine Erweiterung der Gefässe, mit stärkeren eine Verengerung, nach 4—6 Tagen aber nur eine Erweiterung. Es wären also die gefässerweiternden Nerven erregbarer als die gefässverengernden, und sie degenerirten auch viel später als die letzteren.

Nach Bernstein hängt der Erfolg von der Temperatur der Pfote ab. Sogar mit stärksten Strömen ruft man eine Erweiterung hervor, wenn die Pfote sich in eiskaltem Wasser befindet.

Lepine konnte bei hoher Temperatur nur eine Verengerung bekommen.

Karlin endlich behauptet, dass mässige Ströme schon eine Erweiterung erzeugen, wenn die Pfote sich im Wasser von 45° befindet. Je kälter das Wasser, desto stärkere Ströme muss man zu diesem Zwecke anwenden. Kühlt man das Wasser bis zu 20°, so bekommt man selbst mit stärksten Strömen nur eine Verengerung der Gefässe.

Die meisten von den citirten Autoren haben die Temperatur der Pfote vorwiegend zwischen den Zehen mit dem Thermometer gemessen. Heidenhain aber bestimmte sie mit weit empfindlicherer thermoelectrischer Methode.

Die umfangreichsten Bestimmungen hatte Lewaschow durchgeführt und er kam zum Schlusse, dass die Gefässe verschiedener Hauptpartien der Pfote nicht gleichmässig innervirt sind. Die Reizung des Ischiadicus ruft eine Erniedrigung der Temperatur, welche zwischen den Zehen am stärksten ist (bis 7,3°), kleiner am Unterschenkel (bis 3,5°); am Oberschenkel endlich hat er keine Veränderungen beobachtet. Aehnlich, aber viel schwächer wirkt N. cruralis. Die Reizung des N. cutaneus femoris externus erhöht die Temperatur des Oberschenkels und zwar bedeutender an der äusseren Seite. N. cutaneus femoris posterior ruft eine Erhöhung der Temperatur an der hinteren, weniger an der inneren Seite des Oberschenkels hervor. Die durch Reizung der zwei letzteren Nerven bewirkten Veränderungen sind überhaupt unbedeutend.

Mehrere Autoren, welche die Gefässerscheinungen in den Muskeln studirt haben, bestreiten gänzlich die Existenz der Gefässnerven in Ischiadicus und Cruralis. Zu diesen gehören nämlich

Dogiel, Kowalewski, Szczelkow, Sadler, Hafiz, Genersich und Humilewski. Alle Veränderungen im Blutdrucke und der Geschwindigkeit, hängen nach ihnen nur von den Muskelcontractionen, Veränderungen in den Gasen des Blutes etc., nicht aber direkt von den Gefässnerven. Gaskell aber, der diese Frage näher untersucht hatte, kam zur Ueberzeugung, dass die Muskelnerven vasomotorische Fasern besitzen und zwar Vasoconstrictoren sowie Vasodilatatoren. Bei nicht curarisirten Thieren kann man Gefässerweiterung bei Reizung der Nerven mit Leichtigkeit hervorrufen, viel schwerer bei schwach curarisirten, bei stark curarisirten aber nur Gefässverengerung. Curare lähmt nach ihm also die erweiternden Nerven der Muskelgefässe.

Plethysmographische Versuche und zwar an der Pfote der Katzen haben zuerst Bowditch und Warren angestellt, am Frosche aber Ellis und nachher Katzenstein und alle haben die Existenz beider Arten von Gefässnerven constatirt.

Nach Bowditch und Warren sind schwache Ströme und stärkere rhytmische Einzelschläge von 1 je 10 Sek. bis 4 in einer Sekunde, welche eine Erweiterung hervorrufen. Mittelstarke Ströme oder häufigere Einzelschläge von 15—16 per Sek. haben entweder gleich eine Erweiterung oder erst nach vorhergehender schwacher Verengerung zur Folge. Starke Ströme und rhytmische Einzelschläge von 30—64 per Sek. erzeugen eine starke Verengerung, welcher manchmal eine Erweiterung folgt. Es herrscht aber in dieser Richtung grosse Mannigfaltigkeit.

Die Temperatur der Pfote übt nach den Autoren keinen Einfluss auf die Wirkung der Gefässnerven.

Gefässverengende Nerven degeneriren schneller als gefässerweiternde, wie die Versuche an Thieren mit 1—4 Tage vorher durchschnittenen Ischiadicis gezeigt haben.

Die Verfasser bestimmten auch die Latenzperiode und fanden einen grossen Unterschied zwischen den Constrictoren und Dilatatoren. Während sie bei den ersten gegen 1,5″ beträgt, dauert sie bei den letzten gegen 3,5″.

Ich habe mir folgende Fragen gestellt:

Welches sind die Eigenschaften der Curve des Ischiadicus im Vergleich mit den Curven nach Reizung anderer Gefässnerven?

Auf welche Weise wirkt Ischiadicus auf die Gefässe bei verschiedener Temperatur der Pfote?

In wie weit hängt die Wirkung von der Art der Reizung und von dem Degenerationsgrade des Nerven ab?

Welchen Einfluss übt Atropin auf die Gefässerscheinungen?

Wie wirkt endlich N. cruralis?

Ich gebe hier die entsprechenden Versuche an:

Nr. I Grosser Hund. Curare in die Halsvene injicirt. Der linke Ischiadicus durchschnitten und gereizt. Erst bei 65 mm schwache Verengerung der Gefässe, oberhalb dieser Grenze keine Wirkung. Einzelschläge bei 40 mm Rollenabstand schon wirksam. Man bestimmte die Latenzzeit bei Reizung durch 5—10 Sec.

Rollenabstand	60 mm	Latenzzeit =	0,85″
„	60 „	„	1,00″
„	40 „	„	0,80″
„	40 „	„	0,85″
„	40 „	„	1,00″

Erwärmung bis 40°.

Rollenabstand	40 mm	Latenzzeit =	1,00″
„	40 „	„	0,80″
„	40 „	„	0,75″
„	40 „	„	0,85″
„	40 „	„	0,90″

Abkühlung bis 10°.

Rollenabstand	40 mm	Latenzzeit =	1,00″
„	40 „	„	1,20″
„	40 „	„	0,90″
„	40 „	„	1,00″

Es wurde nachher der linke Cruralis durchschnitten und gereizt. Man konnte mit keinen Strömen eine Veränderung im Gefässzustande hervorrufen. Bei Reizung des Ischiadicus immer nur eine Verengerung.

Nr. II. Grosser Hund. Curare in die rechte Schenkelvene injicirt. Der linke Ischiadicus durchschnitten und gereizt. Schwache Ströme ohne Wirkung, erst bei 80 mm Rollenabstand schwache Verengerung, welche man auch mit Einzelschlägen hervorrufen kann.

Rollenabstand	40 mm	Latenzzeit =	1,50″
„	40 „	„	1,20″
„	40 „	„	1,30″

Erwärmung bis 40°.

Rollenabstand	40 mm	Latenzzeit =	1,20″
„	40 „	„	1,30″
„	40 „	„	1,20″

Abkühlung bis 10°.

Rollenabstand	40 mm	Latenzzeit =	1,20″
„	40 „	„	1,50″
„	40 „	„	1,30″
„	40 „	„	1,40″

Der rechte Cruaralis durchschnitten und gereizt. Kein Erfolg. Man wiederholte die Reizung des Ischiadicus.

Rollenabstand	60 mm	Latenzzeit =	1,50″
„	60 „	„	1,40″
„	40 „	„	1,30″
„	40 „	„	1,40″

Abkühlung bis 10°.

Rollenabstand	60 mm	Latenzzeit =	1,50″
„	40 „	„	1,50″

Erwärmung bis 40°.

Rollenabstand	60 mm	Latenzzeit =	1,40″
„	60 „	„	1,50″
„	40 „	„	1,30″
„	40 „	„	1,40″

Nr. III. Kleiner Hund. Curare in die rechte Schenkelvene injicirt. Schwächere Ströme bis 40 mm Rollenabstand ohne Erfolg, sowie auch die Einzelschläge. Man hat einige Secunden gereizt.

Rollenabstand	40 mm	Latenzzeit =	1,20″
„	40 „	„	1,25″
„	40 „	„	1,00″

Abkühlung.

Rollenabstand	40 mm	Latenzzeit =	1,25″
„	40 „	„	1,30″
„	40 „	„	1,00″

Erwärmung bis 40°.

Rollenabstand	40 mm	Latenzzeit =	1,25″
„	40 „	„	1,30″
„	40 „	„	1,20″

Es wurde nachher der linke Cruralis durchschnitten und gereizt. Kein Erfolg. Nachherige Reizung des Ischiadicus ruft immer nur eine Verengerung hervor.

Bei Anwendung der tetanisirenden Inductionsströme konnte ich immer, wie in gegebenen Beispielen eine Verengerung hervorrufen. In der Mehrzahl reichen schon dazu die Einzelschläge.

Die Latenzzeit beträgt gegen 1 Sek. — gewöhnlich mehr bis zu 1,50″, seltener etwas weniger. Die Temperatur scheint auf die Latenzzeit keinen Einfluss auszuüben. Sie verändert sich entweder gar nicht, oder nur minimal — man kann nur manchmal eine unbedeutende Verlängerung bei Abkühlung der Pfote bemerken.

Siehe Figur 1, 2, 3, Taf. V.

In weiteren Versuchen habe ich die Nerven auch mit rhythmischen Einzelschlägen gereizt.

Nr. IV. Mittelgrosse Hündin. Curare in die Halsvene injicirt. Der linke Ischiadicus durchschnitten und gereizt. Erst bei 100 mm Rollenabstand schwache Verengerung.

Rhythmische Schläge je 2 Sec.

Von 160—85 mm Rollenabstand keine Einwirkung.

Bei 80 mm Rollenabstand schwache Verengerung nach 10 Sec.
„ 60 „ „ Verengerung nach 8 Sec.
„ 40 „ „ „ „ 4 „

Unterhalb 40 mm Rollenabstand reicht schon ein Schlag zur Hervorrufung der Verengerung. Latenzzeit gegen 1 Secunde.

Abkühlung bis 10°.

Tetanisirende Ströme rufen bei 80 mm Rollenabstand eine schwache Verengerung hervor. Die Latenzzeit beträgt gegen 1 Sec.

Rhythmische Schläge.

Von 160—65 mm Rollenabstand keine Einwirkung.

Bei 65 mm Rollenabstand schwache Verengerung nach 15 Sec.
„ 40 „ „ Verengerung nach 6 Sec.

Erwärmung bis 40°.

Bei Anwendung von tetanisirenden Strömen eine Verengerung bei 80 mm Rollenabstand.

Nr. V. Mittelgrosser Hund. Curare in die rechte Schenkelvene injicirt. Linker Ischiadicus durchschnitten und gereizt. Schwache Ströme ohne Erfolg.

Bei 80 mm Rollenabstand schwache Verengerung. Die Latenzzeit beträgt 0,80—1,00 Sec.

Rhythmische Schläge je 2 Sec.

Von 160—65 mm keine Einwirkung.
Bei 60 mm Rollenabstand Verengerung nach 15 Sec.
„ 40 „ „ „ „ 8 „

Rhythmische Schläge je 3 Sec.

Erst bei 60 mm Rollenabstand schwache Verengerung nach 20 Sec.

Abkühlung bis 10°.

Bei tetanisirenden Strömen Verengerung bei 60 mm Rollenabstand. Latenzzeit gegen 1 Sec.

Rhythmische Schläge je 2 Sec.

Bei 60 mm Rollenabstand schwache Verengerung nach 10 Sec.
„ 40 „ „ starke „

Rhythmische Schläge je 3 Sec.

Erst bei 40 mm Rollenabstand schwache Verengerung.

Erwärmung bis 40°.

Bei tetanisirenden Strömen Verengerung bei 60 mm Rollenabstand. Bei rhythmischen Schlägen je 2 und 3 Sec. Verengerung bei 40 mm Rollenabstand. Es wurde bisher Cruralis durchschnitten und gereizt. Kein Erfolg. Nachherige Reizung des Ischiadicus rief dieselben Veränderungen wie vor Durchschneidung des Cruralis hervor.

Nr. VI. Grosser Hund. Curare in die Halsvene injicirt. Linker Ischiadicus gereizt. Bei tetanisirenden Strömen schwache Verengerung bei 60 mm Rollenabstand. Die Latenzzeit beträgt 1,00—1,50 Sec.

Rhythmische Schläge je 2 Sec.

Von 160—65 mm Rollenabstand keine Einwirkung.
Bei 60 mm Rollenabstand schwache Verengerung nach 8 Sec.
„ 40 „ „ Verengerung.

Rhythmische Schläge je 4 Sec.

Von 160—65 mm Rollenabstand keine Einwirkung.
Bei 60 mm Rollenabstand schwache Verengerung nach 10 Sec.
„ 40 „ „ Verengerung.

Abkühlung bis 10°.

Tetanisirende Ströme rufen erst bei 60 mm schwache Verengerung hervor. Latenzzeit gegen 1,50 Sec.

Rhythmische Schläge je 3 Sec.

Von 160—45 mm Rollenabstand keine Einwirkung.
Bei 40 „ „ Verengerung.

Rhythmische Schläge je 4 Sec.

Von 160—45 mm Rollenabstand keine Einwirkung.
Bei 40 „ „ Verengerung.

Erwärmung bis 40°.

Bei tetanisirenden Strömen Verengerung bei 80 mm Rollenabstand. Latenzzeit gegen 1 Sec. Bei rhythmischen Einzelschlägen je 3 und 4 Sec. Verengerung bei 40 mm Rollenabstand.

Es wurde der linke Cruralis durchschnitten und gereizt. Kein Erfolg.

Nr. VII. Mittelgrosser Hund. Curare in die rechte Schenkelvene injicirt. Linker Ischiadicus gereizt. Erst bei 80 mm Rollenabstand schwache Verengerung. Latenzzeit gegen 1 Sec.

Rhythmische Schläge je 3 Sec.

Von 160—65 mm Rollenabstand keine Einwirkung.
Bei 60 mm Rollenabstand Verengerung nach 15 Sec.
„ 40 „ „ „ „ 10 „

Rhythmische Schläge je 4 Sec.

Von 160—65 mm Rollenabstand kein Erfolg.
Bei 60 mm Rollenabstand schwache Verengerung nach 20 Sec.
„ 40 „ „ Verengerung.

Abkühlung bis 10°.

Tetanisirende Ströme. Verengerung bei 60 mm Rollenabstand. Latenzzeit gegen 1 Sec.

Rhythmische Schläge je 3 Sec.

Von 160—65 mm Rollenabstand kein Erfolg.
Bei 60 mm Rollenabstand schwache Verengerung nach 20 Sec.
„ 40 „ „ Verengerung.

Rhythmische Schläge je 4 Sec.

Von 160—65 mm Rollenabstand keine Wirkung.
Bei 60 mm Rollenabstand schwache Verengerung nach 20 Sec.
„ 40 „ „ Verengerung.

Erwärmung bis 40°.

Deutliche Verengerung bei tetanisirende Strömen bei 60 mm Rollenabstand. Latenzzeit gegen 1 Sec. Bei rhythmischen Schlägen je 3 und 4 Sec. Verengerung bei 40 mm Rollenabstand. Reizung des linken Cruralis ohne Erfolg.

Nr. VIII. Kleiner Hund. Curare in die Halsvene injicirt. Linker Ischiadicus gereizt. Tetanisirende Ströme. Schwache Verengerung von 80 mm Rollenabstand angefangen. Latenzzeit 0,80—1,00''.

Rhythmische Schläge je 4 Sec.

Von 160—45 mm Rollenabstand keine Einwirkung.
Bei 40 mm Rollenabstand schwache Verengerung nach 20 Sec.

Rhythmische Schläge je 5 Sec.

Von 160—25 mm Rollenabstand keine Einwirkung.
Bei 20 „ „ Verengerung.

Abkühlung (10°).

Tetanisirende Ströme erzeugen eine Verengerung von 60 mm Rollenabstand angefangen. Latenzzeit 1 Sec.

Rhythmische Schläge je 4 Sec.

Von 160—60 mm Rollenabstand kein Erfolg.
Bei 40 mm Rollenabstand Verengerung.
„ 20 „ „ „

Rhythmische Schläge je 5 Sec.

Von 160—30 mm Rollenabstand keine Einwirkung.
Bei 20 „ „ Verengerung

Erwärmung (40°).

Tetanisirende Ströme rufen eine Verengerung bei 40 mm Rollenabstand hervor. Latenzzeit gegen 1 Sec.

Jede Reizung also des N. Ischiadicus, seien es schwache tetanisirende Ströme oder rhythmische Einzelschläge, je 1 bis 5 Sek. von verschiedener Stärke, ruft immer nur eine Verengerung der Gefässe der Pfote hervor.

Was die Temperatur anbelangt, so konnte ich nur constatiren, dass man bei Abkühlung der Pfote etwas stärkere Ströme zur Hervorrufung der Verengerung der Gefässe anwenden muss, als bei gewöhnlicher Temperatur. Eine Erweiterung aber anstatt der Verengerung bei dem Abkühlen habe ich nie beobachtet.

An Fig. 5, 6, Taf. IV, sieht man Curven der Verengerung der Gefässe bei rhythmischen Schlägen und bei verschiedener Anzahl der Schläge in einer Secunde.

In folgenden Versuchen habe ich die Curven bei verschiedener Temperatur in ihren Einzelheiten beobachtet.

Nr. IX. Grosser Hund. Curare wurde in die rechte Schenkelvene injicirt. Linker Ischiadicus durchschnitten und gereizt. Rollenabstand 40 mm.

Dauer der Reizung	Latenzzeit	Maximum	Wellenlänge
2″	0,85″	3,00″	20″
2″	0,90″	3,50″	18″
5″	0,80″	10,00″	22″
5″	0,80″	12,00″	25″
10″	0,90″	15,00″	35″
10″	1,00″	18,00″	38″
Abkühlung bis 10°.			
2″	1,00″	3,50″	16″
2″	1,00″	4,00″	18″
5″	0,90″	10,90″	20″
5″	0,90″	13,00″	22″
10″	1,00″	15,00″	38″
Erwärmung bis 40°.			
2″	1,00″	5,50″	15″
2″	1,00″	3,00″	12″
5″	1,00″	11,00″	20″
5″	0,85″	10,00″	18″
10″	0,85″	16,00″	35″
10″	0,80″	18,00″	40″
Zimmertemperatur.			
2″	1,00″	4,00″	12″
5″	1,00″	10,00″	20″
10″	1,00″	18,00″	35″
Atropini Sulph. 0,010. 10 Min. nach der Injection.			
2″	1,00″	3,00″	16″
5″	1,00″	10,00″	25″
10″	1,00″	18,00″	40″
Nach 20 Min.			
2″	1,00″	4,00″	18″
5″	1,00″	12,00″	30″
10″	1,00″	20,00″	40″
Atrop. Sulph. 0,010. Zusammen 0,020. Nach 30 Min.			
2″	1,00″	3,50″	17″
5″	1,20″	12,00″	25″
10″	1,00″	18,00″	43″

Nach 40 Min.

2"	1,25"	4,50"	18"
5"	1,20"	12,00"	30"
10"	1,25"	20,00"	42"

Atrop. Sulph. 0,010. Zusammen 0,030.
Nach 50 Min.

2"	1,30"	4,50"	16"
5"	1,30"	10,00"	35"
10"	1,25"	18,00"	?

Nach 60 Min.

2"	1,50"	5,00"	15"
5"	1,30"	12,00"	?
10"	1,50"	20,00"	?

Atrop. Sulph. 0,010. Zusammen 0,040.
Nach 70 Min.

2"	1,50"	5,00"	18"
5"	1,50"	13,00"	18"
10"	1,50"	20,00"	18"

Nach 80 Min.

2"	1,50"	6,00"	18"
5"	1,50"	15,20"	30"
10"	1,50"	20,00"	?

Nr. X. Grosse Hündin. Curare in die Halsvene injicirt. Linker Ischiadicus durchschnitten und gereizt. Rollenabstand 40 mm.

Dauer der Reizung	Latenzzeit	Maximum	Wellenlänge
2"	1,00"	3,5"	12"
2"	0,85"	4,0"	10"
5"	0,85"	8,0"	20"
5"	0,90"	8,0"	25"
10"	1,00"	13,5"	30"
10"	1,00"	15,0"	40"

Abkühlung bis 10°.

2"	1,00"	4,0"	10"
2"	1,20"	4,0"	12"
5"	1,00"	10,0"	18"
5"	1,25"	8,0"	16"
10"	1,00"	14,0"	40"
10"	1,00"	(?)	(?)

Erwärmung (40°).

2″	1,50″	4,50″	12″
2″	1,00″	4,0″	16″
5″	1,00″	8,5″	18″
5″	1,00″	8,0″	16″
10″	1,50″	14,0″	30″
10″	1,50″	16,0″	35″

Cruralis durchschnitten. Ischiadicus bei normaler Temperatur gereizt.

2″	1,50″	5,0″	12″
5″	1,50″	8,0″	22″
10″	1,50″	16,0″	40″

Atrop. Sulph. 0,010.
Nach 10 Min.

2″	1,00″	3,5″	15″
5″	1,25″	8,0″	20″
10″	1,00″	13,0″	40″

Nach 20 Min.

2″	1,50″	4,0″	(?)
5″	1,00″	7,0″	18″
10″	1,00″	15,0″	35″

Atrop. Sulph. 0,010. Zusammen 0,020.
Nach 30 Min.

2″	1,00″	5,0″	10″
5″	1,25″	9,0″	16″
10″	1,25″	15,0″	40″

Nach 40 Min.

2″	1,50″	6,0″	12″
5″	1,25″	8,0″	28″
10″	1,25″	16,0″	32″

Atrop. Sulph. 0,010. Zusammen 0,030.
Nach 50 Min.

2″	1,50″	5,0″	16″
5″	1,50″	7,0″	23″
10″	1,75″	13,0″	35″

Nach 60 Min.

2″	1,50″	4,0″	15″
5″	1,50″	8,0″	20″
10″	1,50″	13,0″	42″

Atrop. Sulph. 0,010. Zusammen 0,040.

	Nach 70 Min.		
2″	1,50″	51,0″	14″
5″	1,50″	10,0″	18″
10″	1,50″	14,0″	36″
	Nach 80 Min.		
2″	1,60″	6,0″	(?)
5″	1,75″	10,0″	22″
10″	1,50″	15,0″	36″

Weder die Temperatur noch Atropin üben also einen wesentlichen Einfluss auf die Curven der Verengerung. Diese letzte erreicht in derselben Zeit ihr Maximum und dauert auch dieselbe Zeit wie in normalen Bedingungen. Kleine Vergrösserung der Latenzperiode, welche noch längerer Zeit nach der Injection von Atropin ersichtlich ist, muss man der Ermüdung des Nerven zuschreiben.

Zwei folgende Beispiele sind bei kleiner Umdrehungsgeschwindigkeit der Trommel (10 Min.) gemacht.

Nr. XI. Grosse Hündin. Curare n die rechte Schenkelvene injicirt. Linker Ischiadicus gereizt. Rollenabstand 40 mm.

Dauer der Reizung	Maximum	Wellenlänge
2″	4″	14″
2″	5″	12″
5″	7″	16″
5″	9″	18″
10″	15″	32″
10″	20″	42″
Abkühlung bis 10°.		
2″	4″	12″
2″	3″	13″
5″	8″	18″
5″	7″	16″
10″	15″	32″
10″	16″	45″
Erwärmung bis 40°.		
2″	3″	13″
2″	(?)	10″
5″	7″	14″
5″	8″	20″
10″	16″	40″
10″	17″	35″

Linker Cruralis durchschnitten und gereizt. Keine Wirkung. Ischiadicus bei normaler Temperatur gereizt.

2″	3″	10″
5″	7″	16″
10″	14″	29″

Abkühlung bis 10°.

2″	4″	13″
5″	7″	22″
10″	17″	42″

Nr. XII. Grosser Hund. Curare in die Halsvene injicirt. Linker Ischiadicus gereizt. Rollenabstand 40 mm.

2″	5″	13″
2″	5″	12″
5″	12″	35″
5″	10″	25″
10″	16″	48″
10″	15″	50″

Abkühlung bis 10°.

2″	5″	12″
2″	4″	17″
5″	10″	30″
5″	9″	35″
10″	16″	55″
10″	17″	(?)

Erwärmung bis 40°.

2″	5″	12″
2″	5″	13″
5″	10″	32″
5″	12″	35″
10″	17″	52″
10″	18″	56″

Linker Cruralis durchschnitten und ohne Erfolg gereizt. Linker Ischiadicus bei normaler Temperatur gereizt.

2″	5″	13″
5″	10″	38″
10″	20″	62″

Nr. XIII. Grosse Hündin. Curare in die Halsvene injicirt. Linker Ischiadicus gereizt. Rollenabstand 40 mm.

2″	3″	15″
2″	4″	16″
5″	10″	25″
5″	12″	30″
10″	18″	45″
10″	20″	60″
	Abkühlung bis 10°.	
2″	4″	12″
2″	5″	14″
5″	10″	28″
5″	9″	32″
10″	16″	53″
10″	18″	50″
	Erwärmung bis 40°.	
2″	3″	10″
2″	4″	8″
5″	12″	25″
5″	13″	28″
10″	20″	60″
10″	20″	(?)

Linker Cruralis durchschnitten und ohne Erfolg gereizt. Linker Ischiadicus bei normaler Temperatur und 20 mm Rollenabstand.

2″	4″	12″
5″	13″	32″
10″	25″	60″

Den angegebenen Beispielen werden Fig. 3 Taf. V beigelegt.

In den bisherigen Versuchen wurde die Pfote nur relativ kurze Zeit abgekühlt. Ich wiederholte aber das Experiment bei längerer Abkühlung und Reizung.

Nr. XIV. Grosser Hund. Curare in die rechte Schenkelvene injicirt. Linker Ischiadicus durchschnitten und gereizt. Normale Temperatur. Rollenabstand 40 mm. Die Feder des Polygraphen sank beständig und ziemlich rasch durch 10 Min., nachher etwas langsamer und nach Aufhebung der Reizung nach 15 Min. fing sie an, sich zu heben. Nach 20 Min. kam sie gänzlich zum Nullpunkt.

Abkühlung bis 10°.

Die Feder sank durch 10 Min. und verblieb nachher in demselben Punkte. Nach Aufhebung der Reizung nach 20 Min. fing sie an, sich zu heben, kam aber nicht vollständig zum Nullpunkt.

Nr. XV. Grosse Hündin. Curare in die Halsvene injicirt. Linker Ischiadicus durch 30 Min. gereizt. Rollenabstand 40 Min. Die Feder sank durch 15 Min., verblieb nachher auf derselben Höhe durch 25 Min. Sie fing sich nachher langsam an zu heben, kam aber nicht vollständig zum Nullpunkt. Nach 1/2 stündiger Pause fing man an, die Pfote abzukühlen und den Nerven zu reizen. Die Feder sank durch 20 Min. und verblieb nachher auf derselben Höhe durch 30 Min. Dann fing sie an sich zu heben und in 40 Min. kam sie bei gleichzeitiger Reizung fast zum Nullpunkt.

Die Versuche habe ich öfters mit demselben Erfolge wiederholt. Die Gefässverengerung dauert bei beständiger Reizung durchschnittlich gegen 20—25 Min. Ich reizte auch den Nerven bei länger dauernder Abkühlung (gegen 1 Stunde) mit schwachen Strömen sowie mit rhythmischen Einzelschlägen, nie konnte ich eine aber Erweiterung hervorrufen.

Der Reihe nach habe ich den Einfluss der Degeneration des Nerven auf die vasomotorischen Erscheinungen untersucht. Ich beschränkte mich aber nicht auf die plethysmographische Methode, sondern ich stellte auch die Temperaturmessungen mit äusserst empfindlichen Geissler'schen Thermometern an. Die Versuche stellen sich auf folgende Weise dar:

Nr. XVI. Grosser Hund. Es wurde linker Ischiadicus in Chloroform-Narkose durchschnitten. Die Wunde sorgfältig mit 2 %iger Borsäurelösung ausgewaschen und zugenäht. Nach 2 Tagen Ischiadicus ausgenommen und gereizt.

Plethysmographische Untersuchung.

Tetan. Ströme von 160—85 mm Rollenabstand ohne Erfolg.

80 mm Rollenabstand schwache Verengerung.
60 „ „ Verengerung.
40 „ „ starke Verengerung.

Die Latenzzeit beträgt gegen 1 Sec.

Rhythmische Schläge je 2 Sec.

160—65 mm Rollenabstand kein Erfolg.
60 mm Rollenabstand Verengerung.
40 „ „ „

Abkühlung bis 10°.

Tetanisirender Strom.

160—50 mm Rollenabstand kein Erfolg.
40 mm Rollenabstand Verengerung.

Temperaturmessungen.

Tetanisirender Strom.

Rollenabstand	Dauer der Reizung	Temperatur-Veränderung	Rückkehr zur normalen Temperatur nach
100 mm	5 Min.	keine	—
60 „	10 „	— 0,50°	—
20 „	20 „	— 4,90	6 Min.
	Rhythmische Schläge je 2 Sec.		
100 mm	5 Min.	keine	—
60 „	5 „	„	—
20 „	5 „	„	—

Nr. XVII. Mittelgrosse Hündin. Linker Ischiadicus durchschnitten. Die Wunde bei denselben Vorsichtsmassregeln zugenäht. Nach 3 Tagen der Nerv ausgenommen und gereizt. Curare in die Halsvene injicirt.

Pletysmographische Untersuchung.

Tetanisirender Strom.

120—65 mm Rollenabstand kein Erfolg.
60 mm Rollenabstand Verengerung
40 „ „ starke Verengerung

Rhythmische Schläge je 2 Sec.

120—50 mm Rollenabstand kein Erfolg.
40 mm Rollenabstand schwache Verengerung.

Temperaturmessungen.

Rhythmische Schläge je 2 Sec.

Rollenabstand	Dauer der Reizung	Temperatur-Veränderung	Rückkehr zur normalen Temperatur nach
80 mm	5 Min.	keine	—
60 „	5 „	+ 0,40°	4,5 Min.
40 „	5 „	+ 0,60	—
	Tetanisirender Strom.		
80 mm	5 Min.	— 0,90°	5 Min.
60 „	5 „	— 0,40	2 „
40 „	5 „	— 0,30	2 „

Rechter Ischiadicus durchschnitten.

Tetanisirender Strom.

40 mm	5 Min.	— 1,20°	Nach Aufhebung der Reizung stieg sie 4,30° über die vorherige und zwar in 12 Min.
40 „	5 „	— 1,30	—

Nr. XVIII. Grosser Hund. Linker Ischiadicus durchschnitten und nach 4 Tagen gereizt.

Plethysmographische Untersuchung.

Tetanisirender Strom.

100—60 mm Rollenabstand kein Erfolg.

40 mm Rollenabstand Verengerung.

Die Latenzzeit betrug gegen 2 Sec.

Rhythmische Schläge je 2 Sec.

100—40 mm Rollenabstand kein Erfolg.

20 mm Rollenabstand schwache Verengerung.

Temperaturmessungen.

Rollenabstand	Dauer der Reizung	Temperatur-Veränderung	Rückkehr zur normalen Temperatur nach
		Tetanisirender Strom.	
80 mm	5 Min.	+ 0,20°	5 Min.
60 „	5 „	— 0,50	3 „
40 „	5 „	— 0,60	3,5 „
		Rhythmische Schläge je 2 Sec.	
60 mm	5 Min.	+ 0,35°	5 Min.
40 „	5 „	keine	—
20 „	5 „	+ 0,35	5 Min.

Nr. XIX. Mittelgrosse Hündin. Linker Ischiadicus durchschnitten und nach 5 Tagen gereizt. Curare in die Halsvene injicirt. Plethysmographische Untersuchung ohne jeden Erfolg.

Temperaturmessungen.

		Tetanisirender Strom.	
60 mm	5 Min.	+ 0,20°	1 Min.
40 „	5 „	— 0,50	5 „
20 „	5 „	— 0,50	5 „
		Rhythmische Schläge je 2 Sec.	
60 mm	5 Min.	+ 0,30°	4 Min.
40 „	5 „	+ 0,20	2 „
20 „	5 „	— 0,30	—

Nr. XX. Grosser Hund. Linker Ischiadicus durchschnitten und nach 6 Tagen gereizt. Curare in die Halsvene injicirt.

Plethysmographische Untersuchung.

120—40 mm Rollenabstand kein Erfolg.

20 „ „ Verengerung.

Die Latenzzeit beträgt 3—4 Sec.

Temperaturmessungen.

Rhythmische Schläge je 2 Sec.

Rollenabstand	Dauer der Reizung	Temperatur-Veränderung	Rückkehr zur normalen Temperatur nach
60 mm	5 Min.	+ 0,20°	—
40 „	10 „	+ 0,40	3 Min.

Tetanisirender Strom.

Rollenabstand	Dauer der Reizung	Temperatur-Veränderung	Rückkehr zur normalen Temperatur nach
80 mm	5 Min.	— 0,30°	Die Temperatur fällt auch nach der Reizung herab.
60 „	5 „	+ 0,20	5 Min.
40 „	5 „	+ 0,80	6 „
20 „	5 „	+ 1,00	—

Nach 5 stündigem Versuche rechter Ischiadicus durchschnitten und gereizt.

Tetanisirender Strom.

Rollenabstand	Dauer der Reizung	Temperatur-Veränderung	Rückkehr zur normalen Temperatur nach
60 mm	5 Min.	keine	—
40 „	5 „	— 1,40°	10 Min. (unvollständig).
20 „	5 „	— 1,10	10 „ „

Es wurde nachher der Nerv durch 45 Min. bei 40 mm Rollenabstand gereizt. Die Temperatur fiel ziemlich rasch durch 15 Min. herab, dann bis 30 Min. etwas langsamer und verblieb nachher bis 40 Min. auf derselben Höhe, dann fing sie bei gleichzeitiger Reizung an zu steigen. Die grösste Temperaturdifferenz betrug 2,60°.

Ich habe also eine Temperaturerhöhung in mehreren Fällen beobachtet. Diese Temperaturerhöhung ist manchmal sehr unbedeutend, beträgt 0,2—0,3° und besteht auch nach Aufhebung der Reizung. Solche Erhöhung kann man auch ohne Reizung des Nerven beobachten. In einigen Fällen constatirte ich aber eine Steigerung bis zu 0,60—1,00°. Was aber sehr interessant ist, dass man an denselben Thieren, bei derselben Art der Reizung eine Abnahme des Volumens der Pfote mit der plethysmographischen Methode finden kann!

Die Temperatur habe ich auch bei Reizung der normalen frisch durchschnittenen Ischiadici und Crurales vorgenommen und ich gebe hier einige Beispiele an:

Nr. XXI. Grosse Hündin. Linker Cruralis und Ischiadicus durchschnitten. Linker Ischiadicus gereizt.

Temperaturmessungen.

Tetanisirender Strom.

Rollenabstand	Dauer der Reizung	Temperatur-Veränderung	Rückkehr zur normalen Temperatur nach
40 mm	10 Min.	— 2,00°	5 Min.

Der rechte Ischiadicus durchschnitten und beide Nerven mit derselben Stromstärke gleichzeitig gereizt.

Rechts 40 mm	10 Min.	3,20°	Unvollständig
Links 40 „	10 „	3,30	„

Rhythmische Schläge je 2 Sec.

Rechts 60 mm	5 Min.	keine	—
Links 60 „	5 „	„	—
Rechts 40 „	10 „	— 0,50°	2 Min.
Links 40 „	10 „	— 0,50	Unvollständig
Rechts 20 „	10 „	— 0,40	5 Min.
Links 20 „	10 „	— 0,30	4 Min.

Tetanisirender Strom.

Rechts 20 mm	30 Min.	— 5,20°	Unvollständig
Links 20 „	30 „	— 1,60	„

Die Erniedrigung der Temperatur wurde also viel grösser bei intactem Cruralis als links, wo der Nerv durchschnitten wurde. Die Reizung des Cruralis übte keinen Einfluss auf die Temperatur der Pfote.

Nr. XXII. Grosser Hund. Curare in die Halsvene injicirt. Linker Cruralis durchschnitten. Plethysmographische Untersuchung bei Reizung des Cruralis erfolglos. Nach halbstündigem Experiment beide Ischiadici durchschnitten und gleichzeitig gereizt.

Temperaturmessungen.

Tetanisirender Strom.

Rechts 60 mm	10 Min.	— 1,90°	8 Min.
Links 60 „	10 „	— 2,00	Unvollständig
Rechts 40 „	10 „	— 2,20	„
Links 40 „	10 „	— 2,20	„

Rhythmische Schläge je 2 Sec.

Rechts 80 mm	10 Min.	— 0,50°	Die Temperatur fällt aber weiter ohne Reizung herab.
Links 80 „	10 „	— 0,40	
Rechts 60 „	10 „	— 0,20	Temp. fällt beständig weiter.
Links 60 „	10 „	— 0,30	„
Rechts 40 „	5 „	— 0,30	„
Links 40 „	5 „	— 0,30	„

Bei Reizung also frisch durchschnittener Ischiadici konnte ich immer nur eine Erniedrigung der Temperatur hervorrufen.

Indem ich mir eine genauere Besprechung dieser Erscheinungen am Schlusse dieser Arbeit vorbehalte, stelle ich hier die wichtigsten Ergebnisse kurz zusammen:

1. Bei Reizung des Ischiadicus constatirt man mit der plethysmographischen Methode nur eine Verengerung der Gefässe der Pfote und zwar so bei dauerndem Tetanisiren wie auch bei rhytmischen Einzelschlägen des Inductionsstromes, und zwar sowohl am frischen wie auch am vor einem bis sechs Tage vorher durchschnittenem Nerven.

2. Die Latenzperiode beträgt 0,75—1,50 Sec. und sie wird durch Temperaturveränderungen nicht wesentlich geändert. Sie erhöht sich bei degenerirenden Nerven bis auf 4 Sek.

3. Die Temperatur der Pfote übt keinen Einfluss auf die Gefässerscheinungen aus.

4. Bei degenerirenden Nerven kann man manchmal eine Erhöhung der Temperatur beobachten, sie steht aber nicht in strengem Zusammenhange mit den durch die plethysmographische Methode constatirten Erscheinungen.

5. Atropin bleibt ohne Wirkung auf die Gefässerscheinungen.

6. Die Reizung des Cruralis übt keinen Einfluss auf die Gefässe aus.

Die Gefässinnervation des Kaninchenohres.

Nach den Untersuchungen von Claude-Bernard haben mehrere Physiologen, wie Brown-Sequard, Waller, Schiff, van der Becke Callenfells, Vulpian, Voit, Roever, Morau u. A. die gefässverengernde Wirkung des Sympathicus bestätigt. Schiff aber constatirte auch die Anwesenheit der gefässerweiternden Fasern im Sympathicus, wofür auch die Versuche von Dastre und Morat sprechen.

Gefässverengernde Nerven entdeckten auch Schiff, Loven und Morau im N. auricularis cervicalis magnus, welcher den basalen Theil der mittleren Ohrarterie versorgt, wohingegen Sympathicus die Verengerung der Gefässe der Ohrspitze hervorruft. Der Verlauf der vasomotorischen Fasern des Sympathicus cervicalis und im Allgemeinen der vasomotorischen Ner-

ven des Ohres wurde in der neuesten Zeit gründlich durch Langley studirt.

Die Reizung des centralen Stumpfes des N. auricularis cervicalis magnus bedingt reflectorisch eine Erweiterung der Gefässe des Kaninchenohres.

Meine Untersuchungen mit der plethysmographischen Methode wurden dahin gerichtet, um den peripherischen Mechanismus der Gefässinnervation kennen zu lernen, deswegen habe ich hauptsächlich den Sympathicus und die peripherische Wirkung des auricularis cervicalis magnus studirt.

Ich gebe hier die entsprechenden Beispiele an:

Nr. I. Grosses Kaninchen, Weibchen. Nicht curarisirt. Rechter Sympathicus durchschnitten und gereizt.

Tetanisirender Strom.

Rollenabstand	Latenzzeit
100 mm	0,75″
100 „	0,90″
100 „	1,40″
80 „	1,50″
80 „	1,25″
80 „	1,00″
60 „	1,25″
60 „	1,40″
Einzelschläge	
60 „	1,40″
60 „	1,50″

Abkühlung bis 10°. (Tet. Str.)

Kein Erfolg mehr zu erhalten.

Erwärmung bis 10°.

80 mm	0,30″
80 „	0,40″
60 „	0,50″
60 „	0,45″

Auricularis durchschnitten und peripherischer Stumpf gereizt.

80 mm	1,50″
60 „	1,30″
40 „	1,50″

Abkühlung bis 14°.

80 mm	2,20″
60 „	2,50″
40 „	3,00″

Erwärmung bis 40°.

80 mm	0,90″
60 „	1,00″
40 „	1,00″

Reizung des Sympathicus verstärkt die durch Reizung des Auricularis hervorgerufene Verengerung der Gefässe.

Nr. II. Grosses Kaninchen, Weibchen. Curarisirt. Linker Sympathicus durchschnitten und gereizt. Einzelschläge, sowie rhythmische Schläge je 1 und 3 Sec. rufen eine Verengerung hervor.

Tetanisirender Strom.

Rollenabstand	Latenzzeit
160 mm	1,50″—1,50″—1,00″
140 „	1,20″—1,00″—1,50″
120 „	1,30″—1,00″—0,80″
100 „	0,80″—1,00″—0,78″

Abkühlung bis 14°.

140 mm	2,00″—2,20″—2,50″
100 „	1,80″—2,00″—2,50″

Abkühlung bis 40°.

Keine Wirkung mehr.

Erwärmung bis 40°.

160 mm	0,50″—0,60″—0,50″
140 „	0,50″—0,35″—0,40″
100 „	0,50″—0,60″—0,65″

Auricularis c. m. durchschnitten und sein centraler Stumpf gereizt.

150 mm	4,50″—5,00″—5,50″
120 „	3,50″—3,80″—4,00″
100 „	3,60″—3,50″—4,00″

Bei länger dauernder Reizung (30″—60″) kehren die Gefässe schon während der Reizung zum vorigen Zustand zurück.

Nr. III. Grosses Kaninchen, Männchen. Nicht curarisirt. Linker Sympathicus durchschnitten und gereizt. Einzelschläge sowie rhythmische Schläge rufen eine Verengerung hervor.

Tetanisirender Strom.

100 mm	0,90″—1,20″—1,50″
80 „	1,00″—1,20″—1,25″
60 „	1,50″—1,30″—1,40″

Erwärmung bis 40⁰.

Rollenabstand	Latenzzeit
100 mm	0,35″—0,40″—0,50″
80 „	0,80″—0,60″—0,60″
60 „	0,45″—0,50″—0,80″

Abkühlung bis 10⁰.

Keine Wirkung mehr.

Normale Temperatur. Tetanisirender Strom.

Atrop. Sulph. 0,030.

nach 10 Min.	100 mm	1,20″—1,50″—1,60″
	80 „	1,30″—1,40″—1,20″
	60 „	1,50″—1,65″—1,60″

Atrop. Sulph. 0,030. Zusammen 0,060.

nach 20 Min.	80 mm	1,35″—1,60″—1,70″
	60 „	1,40″—1,65″—1,80″
„ 40 „	80 „	1,50″—1,65″—1,75″
	60 „	1,80″—1,90″—1,70″

Auricularis c. m durchschnitten und sein peripherischer Stumpf gereizt.

100 mm	1,50″—1,20″—1,30″
80 „	1,60″—1,70″—1,40″
40 „	1,35″—1,70″—1,70″

Abkühlung bis 10⁰.

Keine Wirkung mehr.

Erwärmung.

80 mm	1,00″—1,20″—0,90″
60 „	0,80″—0,75″—1,00″

Aus diesen drei Beispielen sahen wir, dass das Verhalten des Sympathicus den der anderen bisher von mir studirten Nerven sehr entspricht. Es reichen schon Einzelschläge des Inductionsstromes aus, um eine Verengerung hervorzurufen, die Latenzzeit ist auch dieselbe, sie wird durch Kälte vergrössert, durch Wärme verkleinert. — Atropin alterirt endlich die vasomotorischen Fasern des Sympathicus nicht.

Die Reizung des peripherischen Stumpfes des Auricularis cervicalis magnus ruft eine Verengerung der Gefässe hervor, die jedoch schwächer ist als beim Sympathicus und sie wird durch Reizung des letzten verstärkt. Dieselben Erscheinungen

erhält man sowohl an curarisirten, wie auch an nicht curarisirten Thieren.

Aber nicht immer verhält sich Sympathicus auf dieselbe Weise, wie es folgende Beispiele beweisen:

Nr. IV. Grosses Kaninchen, Weibchen. Curarisirt. Linker Sympathicus durchschnitten und gereizt. Einzelschläge sowie rhythmische Schläge je 1 bis 3 Sec. ohne Erfolg.

Tetanisirender Strom.

Rollenabstand	Latenzzeit
150 mm	1,80″—2,20″—2,35″
100 „	2,50″—2,25″—2,20″
60 „	2,20″—1,90″—2,00″

Abkühlung bis 8°.

Kein Erfolg mehr.

Erwärmung bis 40°.

100 mm	1,20″—1,00″—1,50″
60 „	1,70″—1,60″—1,50″

Auricularis c. m. durchschnitten und sein centraler Stumpf gereizt. Erweiterung.

100 mm	4,50″—4,00″—5,80″
80 „	4,50″—4,50″—5,00″
60 „	5,50″—6,00″—5,50″

Atrop. Sulph. 0,050.

Sympathicus nach 20 Min. gereizt. Verengerung.

	100 mm	2,50″—2,20″—2,60″
	80 „	2,20″—2,40″—2,50″
nach 30 Min.	100 „	3,00″—2,60″—2,40″
	80 „	2,50″—2,70″—2,50″

Nr. V. Grosses Kaninchen, Weibchen. Nicht curarisirt. Rechter Sympathicus durchschnitten und gereizt. Einzelschläge ohne Erfolg.

Tetanisirender Strom.

120 mm	2,50″—2,30″—2,30″
100 „	2,35″—2,50″—2,40″
60 „	1,90″—2,00″—2,30″

Abkühlung bis 14°.

120 mm	3,50″—3,20″—2,90″
100 „	3,00″—3,50″—3,50″
60 „	2,90″—3,20″—3,25″

Auricularis c. m. rechts durchschnitten und sein peripherischer Stumpf gereizt. Verengerung.

Rollenabstand	Latenzzeit
120 mm	1,50″—1,40″—1,50″
100 „	1,20″—1,35″—1,50″
60 „	1,50″—1,30″—1,50″

Reizung des Sympathicus verstärkt, wesentlich die der Aur. c. m. bedingte Verengerung der Gefässe.

Man sieht, dass in diesen Versuchen die Latenzzeit des Sympathicus grösser ist als in vorigen Beispielen. Diese Erscheinung habe ich öfters gefunden und ich constatirte zugleich, dass in diesen Fällen die Einzelschläge ohne Wirkung bleiben.

Die Latenzzeit bei Reizung des centralen Stumpfes des Auricularis c. m. ist noch bedeutend grösser, sie beträgt manchmal bis 6″. (Siehe Taf. V, Fig. 4, 5, 6, 7, Taf. VI, Fig. 1, 2, 3, 4, 5, 6.)

Bevor ich die plethysmographische Methode an dem Kaninchenohre angewandt hatte, habe ich auch mehrere Versuche angestellt, wo ich die Gefässveränderungen direkt mit dem Auge beobachtet habe. Ich betrachte jetzt für überflüssig alle diese Versuche zu besprechen, ich beschränke mich auf die Experimente, in welchen ich den Einfluss der Temperatur untersucht habe. Es diente mir zu diesem Zwecke eine flache, doppelwandige Blechbüchse, in welcher natürlich das nicht zusammengelegte Kaninchenohr eingeführt wurde. In den gegenüberliegenden Wänden der Büchse befanden sich Glasscheiben, welche die Gefässe des Ohres zu beobachten erlaubten. Der Apparat wurde mittelst zwischen den Wänden durchfliessenden Wassers erwärmt oder abgekühlt. In die Mitte der Büchse wurde ein Thermometer hineingeführt. Die Einrichtung wurde also dem vorher beschriebenen Plethysmographen ziemlich ähnlich. Ich konnte auf diese Weise die Gefässveränderungen in der natürlichen Lage des Kaninchens d. i. Rücken nach oben studiren.

Alle die vorher beschriebenen Erscheinungen, welche ich mit dem Plethysmographen erhalten habe, konnte ich auch direct mit dem Auge beobachten. Ich habe folgenden Einfluss der Temperatur beobachtet. Bei mässiger Abkühlung fangen die Gefässe an sich zu verengern und bei durchschnittenem Sympathicus

und auricularis c. m. sowie auch N. auricularis profundus posterior sieht man die periodischen Kaliberschwankungen der Gefässe sehr genau. Man kann sie auch mit dem Plethysmographen unter diesen Bedingungen registriren (Taf. V, Fig. 7). Bei stärkerer Abkühlung (gegen 8°) verengern sich die Gefässe noch mehr, so dass man manchmal eine maximale Verengerung erhalten kann.

Bei der Erwärmung des Ohres erweitern sich die Gefässe mehr und mehr bis sie gegen 40° schon maximal erweitert werden.

Ich fasse jetzt die wichtigsten Ergebnisse kurz zusammen:

1. Bei Reizung des Halssympathicus habe ich stets Verengerung der Gefässe des Kaninchenohres erhalten, so bei tetanisirenden Strömen wie bei rhythmischen Schlägen, wie endlich auch bei Einzelschlägen des Inductionsstromes.

2. Die Latenzperiode beträgt 0,5—1,5″, manchmal aber auch bis zu 2,5″, also mehr als bei anderen Gefässnerven (mit Ausnahme der Erigentes).

3. Das Abkühlen ruft Verengerung, die Erwärmung Erweiterung der Gefässe hervor. Die Latenzperiode wächst beim Abkühlen bis zu 3 bis 4 Sek., verkürzt sich bei Erwärmen bis auf 0,25″.

4. Die Reizung des peripherischen Stumpfes des N. auricularis magnus ruft Verengerung der Gefässe hervor, sowohl bei intacten wie auch bei durchschnittenen Sympathici. Die Verengerung ist schwächer als bei Reizung des Sympathicus und wird durch Reizung des letzteren verstärkt.

5. Die Latenzzeit bei Reizung des Auricularis cervicalis magnus beträgt 0,5—1,5″. Sie wird ebenfalls durch Wärme verkürzt, durch Kälte verlängert.

6. Das Atropin bleibt ohne Einfluss auf die Gefässerscheinungen.

Die Gefässinnervation der Ruthe.

Die Ruthe ist durch zwei Nerven innervirt, nämlich durch die durch Eckhardt entdeckten gefässerweiternden N. erigentes und durch N. pudendi, welche nach Loven zu den gefässverengenden gehören. Nikolski, Anrep und Cybulski

haben ausserdem constatirt, dass ausser den erweiternden, N. erigentes auch gefässverengernde Fasern besitzen.

Nikolski, der die Canüle in die Vena dorsalis penis einführte und die Menge des ausfliessenden Blutes bestimmte, kam zur Ueberzeugung, dass Atropin die Wirkung des Nerven aufhebt. 30 Min. nach Einspritzung von Atropin vermehrte die Reizung der Erigentes die Menge des ausfliessenden Blutes nicht. Anrep und Cybulski aber behaupten, dass Atropin in diesem Falle ohne jeden Einfluss bleibt.

Ich habe die Einwirkung der Erigentes mit der plethysmographischen Methode untersucht und gebe hier einige Beispiele an:

Nr. I. Grosser Hund. Curare in die Halsvene injicirt. Es wurde der linke N. erigens gereizt. Einzelschläge bleiben ohne Wirkung. Länger dauernde Reizung bei 60 mm Rollenabstand.

Latenzzeit bei norm. Temp.	5,50″—5,00″—5,50″
Abkühlung bis 14°	6,00″—6,20″—6,00″
Erwärmung bis 40°	5,00″—4,50″—6,00″—5,00″
Abkühlung bis 14°	6,00″—3,50″—6,00″—5,00″

Nr. II. Mittelgrosser Hund. Curare in die Halsvene injicirt. Rechter Erigens gereizt. Einzelschläge ohne Wirkung. Reizung durch 5 Sec. bei 40 mm Rollenabstand.

Latenzzeit bei norm. Temp.	= 4,50″—3,00″—3,50″—3,50″—4,00″
Abkühlung bis 10°	= 4,00″—4,50″—3,50″—3,50″
Erwärmung bis 40°	= 3,50″—3,50″—4,00″—3,50″

Nr. III. Grosser Hund. Curare in die Schenkelvene injicirt. Linker Erigens gereizt. Einzelschläge ohne Einfluss. Länger dauernde Reizung bei 40 mm Rollenabstand.

Latenzzeit bei norm. Temp.	= 4,50″—5,00″—5,50″—4,50″
Abkühlung bis 10°	= 5,50″—6,00″—5,50″—5,00″
Erwärmung 40°	= 4,50″—5,00″—4,50″—5,50″
Abkühlung bis 10°	= 5,50″—5,00″—5,00″—4,50″

Nr. IV. Mittelgrosser Hund. Curare in die Halsvene injicirt. Linker Erigens bei 40 mm Rollenabstand gereizt.

Latenzzeit bei norm. Temp.	= 4,00″—4,50″—4,30″
Abkühlung bis 10°	= 4,50″—5,00″—4,50″
Erwärmung bis 40°	= 5,50″—4,50″—5,00″
Norm. Temp.	= 5,50″—5,00″—5,00″

Atrop. sulph. 0,010.

Nach 10 Min.	5,50″—6,00″
Nach 20 „	6,00″—5,80″

Atrop. sulph. 0,010 zusammen 0,020.

Nach 30 Min.	6,00″—6,20″
Nach 40 „	6,50″

Atrop. sulph. 0,010 zusammen 0,030.

Nach 50 Min.	6,80″—6,50″
Nach 60 „	7,00″—7,25″

Atrop. sulph. 0,010 zusammen 0,040.

Nach 70 Min.	7,50″—7,50″
Nach 80 „	7,00″—6,80″

Nr. V. Mittelgrosser Hund. Curare in die Schenkelvene injicirt. Rechter Erigens gereizt. Einzelschläge ohne Einwirkung. Länger dauernde Reizung bei 40 mm Rollenabstand.

Latenzzeit bei norm. Temp.	= 4,00″—3,50″—4,50″
Erwärmung bis 40°	= 4,50″—5,00″—4,50″
Abkühlung bis 10°	= 4,50″—4,50″—5,50″

Atrop. sulph. 0,010.

Nach 10 Min.	4,50″—5,50″—5,50″
Nach 20 „	4,50″—4,00″—5,00″

Atrop. sulph. 0,010 zusammen 0,020.

Nach 30 Min.	5,00″—5,50″—4,50″

Atrop. sulph. 0,010 zusammen 0,030.

Nach 40 Min.	5,50″—5,50″—6,00″

Atrop. sulph. 0,010 zusammen 0,040.

Nach 50 Min.	5,00″—4,50″—6,00″

Atrop. sulph. 0,010 zusammen 0,050.

Nach 60 Min.	5,50″—5,50″—6,00″

Atrop. sulph. 0,010 zusammen 0,060.

Nach 70 Min.	6,50″—6,00″—6,00″
Nach 80 „	7,00″—6,50″—6,80″
Nach 90 „	7,00″—7,00″—6,50″

Wir sehen, dass N. erigentes sich wesentlich von den vorher studirten unterscheiden. Es reichen schon Einzelschläge nicht mehr aus, um die Volumzunahme der Ruthe zu bewirken, die Latenzzeit ist auch bedeutend länger. Atropin scheint auch hier

keinen wesentlichen Einfluss auszuüben, da eine gewisse Vergrösserung der Latenzperiode wahrscheinlich von der Ermüdung der Nerven nach länger dauerndem Experiment abhängig ist, da man sie auch an nicht atropinisirten Thieren nach längerer Zeit beobachten kann. Ebenso beeinflussen die Temperaturveränderungen die Wirkung der Nerven nicht.

Die Ergebnisse sind also folgende:

1. N. erigentes sind gefässerweiternde Nerven der Ruthe. Um ihre Wirkung hervorzurufen, muss man stärkere und länger dauernde Reize anwenden, wie bei Lingualis, Hypoglossus und Ischiadicus.

2. Die Latenzzeit beträgt 3,5″—7,00″ und ist von der Temperatur unabhängig.

3. Die Temperatur übt keinen Einfluss auf die Gefässerscheinungen.

4. Atropin lähmt N. erigentes nicht.

Schlussfolgerungen.

Vergleichen wir die physiologischen Eigenschaften der Gefässnerven, so sehen wir, dass zwischen ihnen ein Unterschied ist. Man kann nämlich dem Lingualis, Hypoglossus, Ischiadicus und Auricularis cervicalis magnus die Erigentes entgegenstellen. Andere Eigenschaften zeigt auch in gewisser Richtung N. sympathicus (am Kaninchenohre). Wir werden diese Eigenschaften näher betrachten:

Was die Stärke des Stromes anbelangt, so verhalten sich Lingualis, Hypoglossus, Ischiadicus, Auricularis c. m. respective auch in manchen Fällen Sympathicus cervicalis, ganz ähnlich. Es reichen schon Einzelschläge aus, um eine Wirkung des Nerven auf die Gefässe hervorzurufen. Ich konnte auch keinen Unterschied in der Empfindlichkeit der Nerven constatiren. Dieselbe Stromstärke wirkt auf alle Nerven reizend. Die Angabe von Ostroumoff, dass man zur Hervorrufung der Gefässverengerung einen viel stärkeren Strom an den Hypoglossus appliciren muss, als für die Erweiterung vom Lingualis aus, ist also unrichtig.

Dieses Verhalten ist besonders bei den Zungennerven wichtig, wo dieselben Gefässregionen durch antagonistische Nerven versorgt werden.

Frey hat das Verhalten der antagonistisch wirkenden Nerven an der Unterspeicheldrüse studirt und sagt: „Der N. sympathicus bewältigt die Aeusserung des von Chorda bedingten Zustandes der Gefässwand, die Ausbildung und den zeitlichen Ablauf des ausgebildeten Zustandes vermag er dagegen nicht zu beeinträchtigen.“ Die musterhaften Versuche von Frey stehen im Widerspruche mit der Behauptung Laffont's, welcher fand, dass die allerstärkste electrische Reizung des Sympathicus äusserst schwache Reizungen gefässerweiternder Nerven nichts überwinden konnte.

Anrep und Cybulski haben gefunden, „dass bei Reizung des Lingualis nach vorhergehender Reizung des Hypoglossus sofort eine Erweiterung der contrahirten Gefässe bis und über die Norm eintrat und umgekehrt. Dieses konnte sowohl durch sehr schwache als auch durch sehr starke Ströme bei dauernder Reizung und nach Stromesöffnung während des durch die vorhergehende Reizung gesetzten andauernden Effects erzielt werden. Jedesmal überwog die nachfolgende Reizung die vorhergehende, so dass eine beginnende sehr schwache Verengerung durch eine sehr schwache Erweiterung abgelöst wird und umgekehrt; dasselbe geschah mit starken Erweiterungen und Verengerungen. Bei diesen vergleichenden Untersuchungen wurden entweder nur die Nerven einer Seite oder gleichzeitig entweder beide Linguales oder beide Hypoglossi gereizt.“

Die Latenzzeit ist bei allen besprochenen Nerven dieselbe, sie schwankt nämlich gegen 1 Sek. Wir sehen dass in den Versuchen von Anrep und Cybulski, sowie in den meinigen. In den letzten scheint sie zwar bei Hypoglossus etwas kleiner zu sein als bei Lingualis, der Unterschied aber ist so äusserst gering, dass man ihn nicht in die Rechnung hineinziehen kann. Es handelt sich höchstens um einige Zehntel einer Sekunde und die Latenzzeit des Lingualis steht somit sehr weit von den von Bowditch und Warren für die Dilatatoren der Gefässe der Pfote angegebenen Zahlen.

N. sympathicus zeigt ein merkwürdiges Verhalten. An einem Kaninchen kann man ähnliche Eigenschaften beobachten wie an vorher beschriebenen Nerven, d. h. es reichen schon Einzelschläge zur Verengerung der Gefässe aus und die Latenzzeit beträgt gegen 1 Sek., bei den anderen muss man stärkeren Reiz

anwenden und die Latenzzeit ist beträchtlich länger. Ich glaubte zuerst, dass ich vielleicht mit ermüdeten Nerven zu thun habe oder mit zufälligen Ungenauigkeiten der registrirenden Apparate, ich habe mich aber überzeugt, dass weder die erste noch die zweite Supposition richtig ist. Wo die Ursache dieses sonderbaren Verhaltens liegt, kann ich mit Sicherheit nicht entscheiden, es wäre aber folgende Erklärung möglich: Die vasomotorischen Fasern des Sympathicus verlaufen durch Ganglion cerv. sup., der Reiz erleidet also eine Verzögerung, man muss deshalb stärkere Reize anwenden und die Latenzzeit ist grösser. Es wäre aber möglich, dass in manchen Fällen eine gewisse Anzahl von Fasern direct zu den Ohrgefässen verläuft, ohne die Ganglien zu passiren. In diesem Falle ist die Latenzzeit dieselbe, wie bei vorigen Nerven. Es ist aber nur eine Annahme; ich habe zu wenig Versuche in dieser Richtung gemacht und die Frage bedarf noch einer experimentellen Prüfung.

Einen Gegensatz bilden die N. erigentes. Die Einzelschläge sind schon wirksam, man muss die Nerven stärker und länger reizen, um eine Volumzunahme der Ruthe zu erzielen. Auch die Latenzzeit ist bedeutend länger als bei vorigen Nerven. Man muss hier einen complicirten Mechanismus der Füllung der corpora cavernosa und der Erection berücksichtigen, vor allem aber die Einschaltung von zahlreichen, von Lovén nachgewiesenen Ganglien und gangliösen Gebilden, welche den Durchgang des Reizes erschweren und verspäten.

Gegen Atropin verhalten sich alle von mir studirten Nerven auf dieselbe Weise; dasselbe übt nämlich keinen Einfluss auf die Gefässerscheinungen. Meine Versuche bestätigen also die Angaben von Vulpian, Keuchel, Heidenhain, Ostroumoff, Anrep und Cybulski im Gegensatz zu den Versuchen von Nikolski. Die Anschauung also von Szpilman und Luchsinger, welche im Atropin ein specifisches Gift für die glatten Muskeln oder ihre Nervendigungen sehen, ist unhaltbar.

Wir schreiten jetzt zu den durch verschiedene Temperatur bewirkten Gefässerscheinungen zu.

In allen Nerven, mit Ausnahme von N. erigentes und N. ischiadicus wird die Latenzzeit durch Kälte verlängert, durch Wärme beträchtlich verkürzt. Dasselbe gilt für die Wellenlänge. Anders aber ist mit der Höhe der Curve. Bei Lingualis, also

beim Gefässerweiterer wird die Curve beim Erwärmen niedriger, beim Abkühlen höher, wohingegen bei den Constrictoren wie Hypoglossus, wird sie umgekehrt beim Erwärmen tiefer, beim Abkühlen seichter, bis sie endlich 0 wird, d. h. die Gefässe verengern sich bei Reizung nicht mehr. Die Erklärung dieser Erscheinungen giebt uns directe Beobachtung des Kaninchenohres. Ich habe mit mehreren anderen Autoren gefunden, dass sich die Gefässe bei Abkühlung verengern und zwar desto mehr, je niedriger die Temperatur ist. Bei sehr starker Abkühlung wird die Gefässverengerung maximal. Deswegen ist der durch Reizung der Constrictoren bewirkte Effect desto kleiner, bei maximal verengten Gefässen selbstverständlich keiner. Umgekehrt wird die Erweiterung der Gefässe bei Reizung der Dilatatoren desto ausgiebiger, je mehr die Gefässe durch die Kälte verengt werden. Bei Erwärmen herrschen entgegengesetzte Verhältnisse. Die Gefässe werden mehr erweitert, desto grösser ist also der Erfolg bei Reizung der Constrictoren.

Wie ich gesagt habe, bildet Ischiadicus eine Ausnahme, da die Temperaturveränderungen auf die Gefässinnervation der Pfote keinen wesentlichen Einfluss auszuüben scheinen. Ich muss aber gestehen, dass ich meine bisherigen Versuche nicht als definitiv überzeugend ansehe. Es wäre nämlich möglich, dass die Art der Abkühlung und Erwärmung nicht genügend war, wenn man erwägt, dass man mit so voluminösen und fleischigen Organen zu thun hat, wie es die Pfote ist. Es könnten sich die tieferen Gefässe der Muskeln dem Einflusse der Temperatur entziehen. Ich habe auch die Temperatur nie stärker herabgesetzt wie bis 10°. Die Versuche wären noch bei stärkerer Abkühlung und direct durch Wasser, nicht aber bei Abkühlung der im Plethysmographen eingeschlossenen Luft zu wiederholen.

Ich betrachte auch die Frage, ob Ischiadicus gefässerweiternde Fasern besitzt, als nicht endgültig gelöst. Durch die plethysmographische Methode konnte ich im Gegensatz zu Bowditch und Warren keine Volumzunahme der Pfote bei Reizung des Ischiadicus constatiren, wohl aber eine Temperaturerhöhung bei Reizung der degenerirenden Nerven, und zwar an derselben Pfote und unter denselben Bedingungen, wo der Plethysmograph eine Volumabnahme registrirte. Bowditch und Warren experimentirten an Katzen, ich aber ohne Ausnahme an den Hunden, es

wäre also denkbar, dass die gefässerweiternden Nerven besonders der Muskeln der Pfote der Katzen gegen Curare mehr widerstandsfähig sind als der Hunde, welche wie Gaskell nachgewiesen hat, durch dieses Gift sehr leicht gelähmt werden. Die widersprechenden Ergebnisse der Temperaturmessungen verglichen mit den plethysmographischen Versuchen, möchten aber darauf hindeuten, dass die Gefässnerven der Haut sich anders verhalten als der Muskeln. Die Dilatatoren der Haut könnten noch functioniren, wohingegen die der Muskeln schon gelähmt wären, und die durch Verengerung der Muskelgefässe bedingte Volumabnahme der Pfote grösser als die durch Hautgefässerweiterung hervorgerufene Zunahme. Es ist nur eine Vermuthung, welche weitere experimentelle Prüfung braucht. Uebrigens haben schon Gaskell, Smith u. a. auf die Incongruenz der Temperaturschwankungen mit Gefässveränderungen hingewiesen.

Wir schreiten jetzt zur Besprechung der wichtigeren Theorien der Gefässinnervation.

Der grössten Popularität erfreut sich die von Goltz vom Herzen auf die Gefässe übertragene Ganglientheorie. Die peripherischen Ganglien der Gefässe haben für den Gefässmechanismus dieselbe regulatorische Bedeutung wie Ganglien des Herzens. Man versuchte auch eine Analogie zwischen den Vasoconstrictoren und N. accelerantes einerseits, zwischen Vasodilatatoren und N. vagus andererseits durchzuführen. Abgesehen davon, dass auch gegen die Ganglientheorie des Herzens von Tag zu Tag zahlreichere Forscher sich äussern und den Ganglien sensible Eigenschaften und nur einen indirecten Einfluss auf die Herzbewegungen zusprechen, keineswegs aber die Rolle eines regulirenden Bewegungsapparates, — so fehlen vor allem genügende histologische Anhaltspunkte. Manche Autoren, wie Beale, Lehman, Arnold, Hénoque u. A. fanden zwar ganglienähnliche Gebilde in den Gefässwänden oder in ihrer Umgebung, in mehreren Organen aber wie das Kaninchenohr, Hinterbeine des Kaninchens u. s. w. wurden solche Ganglien nicht gefunden.

Andererseits existirt keine strenge Analogie zwischen den physiologischen Eigenschaften der Nerven des Herzens und der Gefässe, wie wir schon früher ausführlich besprochen haben. Mit Ausnahme der N. erigentes existirt kein Unterschied zwischen Vasodilatatoren und Vasoconstrictoren, wie es die Versuche an

der Zunge beweisen. Es überwiegen die Dilatatoren die Constrictoren nicht, die Antworten auf die Reize sind von derselben Stärke, die Latenzzeit ist in beiden Fällen dieselbe, die Gefässe erweitern oder verengern sich längere Zeit (gegen 25 Min.) bei anhaltender Reizung, Atropin lähmt endlich die Gefässnerven nicht, mit einem Worte sind die Eigenschaften der Dilatatoren und des Vagus miteinander nicht vergleichbar.

Man versuchte den peripherischen Gefässapparat auf mechanischem Wege zu erklären. Exner und Auerbach haben auf die Möglichkeit der activen Erweiterung durch die Zusammenziehung der longitudinalen Muskelfasern hingewiesen. Exner sagt „dass in einem frei beweglichen Rohre, welches als integrirende Bestandtheile seiner Wandung Langmuskeln und Ringmuskeln enthält, die Contraction der ersteren Verkürzung und Erweiterung seines Lumens, die Contraction der letzteren Verlängerung des Rohres und Verengerung seines Lumens hervorrufen müssen."

Diese Hypothese entspricht der wenig bekannten Theorie der Innervation des Herzens, welche seinerzeit von meinem verstorbenen Vater gestellt worden war. Den Ausgangspunkt dieser Theorie bildeten die Untersuchungen von Spring, welcher in den Wänden des Herzens zweierlei physiologisch wirkende Muskeln unterscheidet, d. h. solche, welche in der Richtung der Hauptaxe des Herzens wirken und solche, welche in verticaler Richtung zur ersten wirken. Durch die Thätigkeit der ersteren, longitudinalen Muskeln wird die Spitze zur Basis des Herzens genähert und das Herz nimmt eine kugelförmige Gestalt an. In dieser Phase der Herzthätigkeit, welche Spring Praesystole nennt, wird das Herz mit dem Blute maximal gefühlt. Nachher wirken die circulär verlaufenden Muskeln und treiben das Blut in die Arterien hinein. Auf diese Weise entsteht Systole. Nachher erschlaffen beide Muskelschichten und es entsteht Diastole. Auf Grund seiner eigenen Versuche stellte mein Vater die Theorie, dass Praesystole durch Vaguswirkung bedingt wird, Vagus also wäre ein motorischer Nerv, wie die accelerantes, innervirt aber mechanisch entgegengesetzt wirkende Muskelschichten. — Für die mechanische Theorie des Gefässmechanismus haben sich auch seinerzeit Anrep und Cybulski erklärt. Sie stellten sich die Erweiterung der Gefässe in folgender Weise vor: „Die Arterie,

ein elastisches Rohr, in welchem sich eine Flüssigkeit unter einem gewissen Drucke bewegt, ist ausgedehnt, doch diese vom Drucke abhängige Expansion geschieht sowohl in querer als in longitudinaler Richtung, die Gefässe sind nicht nur ausgedehnt, sondern auch verlängert. Der Ausdehnungscoefficient jedes elastischen Körpers befindet sich wie bekannt in einer bestimmten Abhängigkeit von der Dehnbarkeit des betreffenden Körpers in querer und longitudinaler Richtung. Wenn die Möglichkeit der Ausdehnung in einer Richtung aufgehoben ist, so vergrössert sich die Ausdehnungsfähigkeit unter der Wirkung einer und derselben Kraft in der andern perpendiculär zur ersteren laufenden Richtung. Nehmen wir die Existenz von Apparaten an, welche in activem Zustande der durch den Druck bewirkten Verlängerung der Gefässe entgegenwirken können, so muss sich die Expansionsfähigkeit der Gefässe im Querdurchmesser vergrössern, was sofort zu einer Erweiterung führt."

Es existiren also nach Anrep und Cybulski zwei vollkommen selbstständige neuromuskuläre Apparate, von denen der eine Verengerung, der andere Erweiterung der Gefässe bewirkt.

In meiner ersten ausführlichen Publication der Versuche über die Innervation der Zungengefässe habe ich mich auf folgende Weise geäussert: „Wir haben also keinen Grund zur Annahme der peripherischen autonomen Ganglien, im Gegentheil spricht alles für den unmittelbaren Einfluss der Nerven auf die Muskulatur der Gefässe. Auf welche Weise aber die Erweiterung zu erklären wäre, ob mit Exner durch entgegengesetzte Wirkung der Längs- und Ringmuskelfasern, oder auf eine andere Art bin ich nicht im Stande, jetzt zu entscheiden." Weitere Studien haben meine Anschauung bestätigt, dass man zur Annahme localer Centren keine Zuflucht zu nehmen berechtigt ist und die Gefässerscheinungen vom directen Einfluss der Nerven auf die Gefässmuskeln abhängig sind. Auf welche Weise aber ist der Einfluss zu erklären?

Die Untersuchungen von Pawlow über die Innervation der Muskeln der Muschel, von Biedermann und meine eigene über die Innervation der Muskeln der Krebsscheere haben gezeigt, dass vom Nerven aus nicht nur eine Zusammenziehung sondern auch eine Erschlaffung der Muskeln ohne Vermittelung der Ganglien erzielt werden kann. Die Möglichkeit solcher directen Erschlaffung der

glatten Muskeln der warmblütigen Thiere haben Gruenhagen und seine Schüler constatirt. Es wäre also denkbar, dass die Gefässerweiterung durch die Wirkung der Nerven, welche eine Erschlaffung der Gefässmuskulatur hervorrufen, bedingt wird. Es existirt auch eine Analogie zwischen den Gefässerscheinungen unter dem Einfluss der Temperatur und dem Verhalten der glatten Muskeln der kaltblütigen Thiere; diese letzten verlängern sich nämlich beim Erwärmen, verkürzen beim Abkühlen. Auch gewisse Erscheinungen bei Reizung der Muskeln stehen in gewissem Einklange. Biedermann hat gezeigt, dass frische Präparate vom hinteren Schliessmuskel von Anodonta mit starkem Tonus auf die Inductionsschläge nicht reagiren, erst nach Herabsetzung des Tonus durch die Wärme. Unter dem Einfluss von Wärme kann man mit galvanischem Strome eine Zusammenziehung des obigen Muskels viel leichter hervorrufen und die Zusammenziehung verläuft viel schneller als bei niedriger Temperatur. Die Verengerung der Gefässe verläuft auch schneller und ist viel grösser bei durch Wärme erschlafften Gefässen, — wird aber der Tonus durch Kälte verstärkt, so ist eine Verengerung schwerer und schwerer hervorzurufen und man bekommt endlich keine Zusammenziehung.

Ich habe an den Krebsscheerenmuskeln bewiesen, dass die Hemmungserscheinungen, d. h. die Erschlaffung viel leichter hervorzurufen ist, wenn der Tonus der Muskeln durch mässige Kälte verstärkt wird. Dasselbe sehen wir auch an den Gefässnerven. Die Erscheinungen der Gefässerschlaffung kommen viel deutlicher und leichter zu Stande, als beim Erwärmen der Zunge.

Doch kann man die physiologischen Eigenschaften der glatten Muskeln der Kaltblüter auf die Warmblüter ohne weiteres nicht übertragen, desto mehr von quergestreiften Muskeln des Krebses, und es stehen die von mir und von anderen Autoren beobachteten Erscheinungen in gewissem Widerspruch mit dem Befunde von Gruenhagen und Samkowy, Pfalz u. s. w. Die genannten Forscher haben gefunden, dass die Mehrzahl der glatten Muskeln der Warmblüter, wie die Muskeln der Regenbogenhaut verschiedener Thiere und M. recto-coccygeus des Kaninchens sich beim Abkühlen verlängern, beim Erwärmen dagegen bis 30° C. sich verkürzen, erst oberhalb dieser Temperatur aber sich wiederum verlängern.

Directe, sehr sorgfältige und umfangreiche Untersuchungen

über das Verhalten der Gefässwände bei verschiedener Temperatur wurden durch Roy angestellt. Er experimentirte mit der Aorta des Menschen, der Kühe und des Schafes und hat gefunden, dass sie sich bei Erwärmen verkürzt, bei Abkühlen aber verlängert, sowie dass sich die Temperatur der Aorta bei Spannung erhöht, bei nachheriger Verkürzung aber erniedrigt. Auch andere Gewebe, wie Nerven, Muskeln, Bindegewebe u. s. w. verhalten sich nach Roy auf ähnliche Weise, man kann also die Erscheinung nicht nur der glatten Muskulatur, sondern den Gefässwänden in toto zuschreiben.

Da zwischen dem Bau der Aorta und der kleineren Gefässe ein grosser histologischer Unterschied existirt, so kann man aus dem Verhalten der ersteren ohne weiteres keinen directen Schluss auf das Verhalten der letzteren ziehen. Ich beschloss also auch die anderen kleineren Gefässe in dieser Richtung zu untersuchen. Ausser an der Aorta abdominalis habe ich Versuche an der Carotis communis, Cruralis sowie an den Venae cavae und V. jugulares des Hundes, der Katze und des Kaninchens angestellt. Die Gefässe habe ich entweder vom lebenden, tief narkotisirten Thiere, oder aber eine gewisse Zeit nach dem Tode entnommen und in eine Kammer gebracht, welche mir die Temperatur zu wechseln erlaubte. Die Veränderungen in der Länge des Gefässes zeichnete ein äusserst leichter Strohhebel auf der Baltzar'schen Trommel. Die auf diese Weise angestellten Versuche haben gezeigt, dass die Gefässe sich bei Abkühlung verlängern, beim Erwärmen aber verkürzen, oder mit andern Worten, dass sie sich von 0 bis 40°C. verkürzen. Die Verkürzung ist der grösste von 0—28°C., dann wird sie stets kleiner. Ich habe auch die Veränderungen der Gefässe im Querausmasse untersucht, und zwar an ringförmigen, aus den Gefässen ausgeschnittenen Stücken. Zu diesen Versuchen konnte ich selbstverständlich nur etwas grössere Gefässe verwenden, bei Kaninchen also Aorta und grössere Venenstämme. Beim Hunde konnte ich aber mit Leichtigkeit auch A. carotis und femoralis untersuchen. Der Erfolg war stets derselbe, nämlich die Verkürzung von 0 bis 40° C.

Ich habe auch die Versuche in verschiedener Zeit nach dem Tode des Thieres gemacht und zwar nach 3, 6, 24, 48 und 75 Stunden. Die Gefässe habe ich etweder unmittelbar vor dem Versuche von dem Thiere entnommen oder aber auch 6—24 Stun-

den in physiologischer Kochsalzlösung bei Zimmertemperatur aufbewahrt. Die Wirkung der Temperatur zeigte sich in jedem Falle dieselbe, ja sogar nach Erwärmung bis 55° C., wo eine dauernde Verkürzung zurückgeblieben war, konnte ich eine Verlängerung bei nachheriger Abkühlung und wiederum eine Verkürzung bei folgender Erwärmung hervorrufen. Die todten Gewebe also verhalten sich in dieser Richtung auf dieselbe Art wie die Ueberlebenden. Das Verhalten der Gefässe ist also dem des Kautschuk ähnlich, welcher bekanntlich eine Ausnahme von der allgemeinen physikalischen Regel bildet.

Von anderen Geweben habe ich den M. recto-coccygeus des Kaninchens, sowie auch in verschiedener Richtung ausgeschnittene Stücke von Milz untersucht, und zwar mit demselben Erfolge.

Wir sehen also, dass das Verhalten der ausgeschnittenen Gefässe gegen die Temperatureinwirkung ganz entgegengesetzt ist dem der Gefässe im normalen Organismus. Am nächsten liegt es anzunehmen, dass man es im normalen Zustande mit Reflexthätigkeit zu thun hat, wie es Paneth an Kaninchen beobachtete. Lewaschow aber experimentirte mit der amputirten Hundepfote bei künstlicher Circulation und constatirte die Verengerung der Gefässe bei Abkühlung und die Erweiterung bei Erwärmung. Da die von der Verbindung mit Nervencentren ganz abgetrennten Gefässe einen gewissen Tonus besitzen, welcher durch Kälte verstärkt, durch Wärme aber vermindert wird, so betrachtete Lewaschow dies als einen Beweis für die Existenz von peripherischen Nervencentren. Da aber ausreichende histologische Gründe in dieser Richtung nicht vorliegen, und manche physiologische Untersuchungen, wie ich gezeigt habe, dagegen sprechen, so muss man lieber mit Bernstein den glatten Muskeln der Gefässe selbst „gewisse centrale Fähigkeiten" zuschreiben. Die Eigenschaften verlieren die ausgeschnittenen Gefässe, und es bleibt nur die Reaction, welche auch todten Geweben eigen ist, übrig. Die Untersuchungen von Mosso und Bernstein scheinen zu beweisen, dass die Circulation zur Unterhaltung der Tonicität der Gefässe nothwendig ist. Mosso beobachtete nämlich, dass die Gefässe der ausgeschnittenen Niere sich bei aufgehobener künstlicher Circulation erweitern, bei Wiederherstellung der Circulation aber wiederum verengern. Eine ähnliche Erscheinung beobachtete

Bernstein an amputirten Hundepfoten. Bei dem Mangel also am normalen Ernährungsmateriale wäre der Unterschied zwischen ausgeschnittenen und im Organismus befindlichen Gefässen zu suchen.

Wir können uns den peripherischen Gefässmechanismus auf folgende Weise vorstellen:

In normalen Bedingungen besitzen die Gefässe auch nach Abtrennung von Centren einen selbständigen mittleren Tonus. Dieser Tonus wird durch die Kälte verstärkt, durch die Wärme herabgesetzt. Die Gefässmuskeln besitzen zweierlei Nerven, nämlich die Constrictoren, welche den Tonus verstärken und eine Zusammenziehung der Muskeln bewirken, und die Dilatatoren, welche den Tonus herabsetzen, also eine Erschlaffung und daher Gefässerweiterung hervorrufen.

Literatur.

Anrep und Cybulski, Zur Physiologie der gefässerweiternden und gefässverengenden Nerven. St. Petersb. Med. Wochenschrift. 1884.

Arnoldt, Strickers Gewebelehre. 1871.

Auerbach, Bericht der Sitzung der Schlesischen Gesellschaft. 1877.

Beale, Phil. transact. 1864.

Becke-Callenfels van der, Zeitschrift f. Rat. Med. 1855.

Bernard Claude, Compt. rend. de la Soc. de Biologie. 1851.

— Gazette Med. de Paris 1852.

— Compt. rend. de l'Acad. 34—1852.

— Compt. rend. 46—1858. Sur les variations de couleur dans le sang veineux des Organs glandulaires suivant leur etat et fonction ou de Tepos.

— De l'influence de deux ordres de nerfs qui determinent les variations de couleur du sang veineux dans les organes glandulaires.

— Compt. rend. 55—1862. Des phénomènes oculo-pupillaires, produits par la section du nerf sympathique, cervical, ils sont indépendants des phénomènes vasculaires et calorifiques de la tête.

— Recherches experimentales sur les nerfs vasculaires et calorifiques du grand sympathique.
— Leçons sur les liquides de l'organisme 1889.
— Journal de phys. de l'homme et des animaux. 1858.
— Leçons sur le système nerveux 1858.
— Journal de l'anat. et d. l. physiol. 1865.
— Leçons sur la chaleur animal. 1876.
— Ann. d. science nat. 1854.
Bernstein, Versuche zur Innervation der Blutgefässe. Pflüger's Arch. 1877.
Biedermann, Ueber das electromotorische Verhalten des Muschelnerven bei galvanischer Reizung. Sitzungsber. d. Acad. in Wien. III. Abth. Bd. 93.
— Ueber die electromotorische Erregung des Schliessmuskels von Anodonta. Wiener Sitzungsber. III. Abth. Bd. 91.
— Ueber die Innervation der Krebsscheere. Wiener Sitzungsber. III. Abth. Bd. 95.
— Ueber die Innervation der Krebsscheere. Wiener Sitzungsber. III. Abth. Bd. 97.
Bowditch und Warren, Plethysmographic experiments on the vasomotor nerves of the limbs. Journ. of Physiol. Vol. 7.
— Centralbl. f. med. Wiss. 1883.
Brachet, Recherches experimentales sur les fonctions du système nerveux ganglionaire. 1837.
Brown-Sequard, Philadelphia medical examiner. 1852.
— Gazette med. d. Paris. 1854.
— Leçons sur les nerfs vasomoteurs. 1872.
Dastre et Morat, Arch. d. physiol. norm. et pathologique. 1882. Compt. rend. 1878, 1880.
Dogiel, Ueber den Einfluss des Ischiadicus und des Cruralis auf den Blutstrom in der Hinterextremität. Mitth. in d. Gesellsch. d. Cecerete in Kasan 1871. Russisch.
Dupui, Journ. de med. de Leroux. 1816.
Dziedziul, Diss. Russisch. St. Petersburg 1880.
Eckhardt, Beitr. z. Anat. u. Physiol. 1863, 1867.
Ellis, Plethysmographic and vasomotor experimentes with frogs. Journ. of Phys. Vol. 6.
Exner, Sitzungsber. d. Wiener Acad. 1877.
Frey, Ueber die Wirkungsweise der erschlaffenden Gefässnerven. Arb. aus dem phys. Inst. in Leipzig. 1877.
Frausberg und Gergens, Pflüger's Arch. 1875.
Gaskell, Arbeiten aus d. phys. Inst. zu Leipzig. 1876.
— Centralbl. f. med. Wiss. 1876.
— Journal of anat. and Phys. 1877.
— Journal of physiol. Vol. 1. 1878—9.
Genersich, Ludwig's Arbeiten. 1870.

Goltz, Ueber gefässerweiternde Nerven. Pflüger's Arch. 1874 u. 1875.
Gruenhagen, Pflüger's Arch. Bd. IX, X, XXX, Transaction of the med. inter. Congress. 1889.
— Centralbl. f. Physiol. 1893.
G. und Samkowy. Arch. f. Phys. v. Pflüger's Bd. IX.
Hafiz, Ludwig's Arbeiten. 1891.
Humilewski, Archiv f. Anat. u. Physiol. 1886.
Heidenhain, Arch. f. d. ges. Physiol. XVII.
H. und Grützner, Pflüger's Arch. Bd. XVI.
Henocque, Arch, d. phys. norm. et pathol. 1870.
— These inaugurale de Paris 1870.
Karlin, Beiträge zur Lehre von der Gefässinnervation. Diss. Berlin 1882.
Katzenstein, Plethysmographische Beobachtungen am Frosche. Du Bois Arch. 1889.
Kendall und Luchsinger, Pflüger's Arch. Bd. XIII.
Keuchel, Das Atropin u. die Hemmungsnerven. Dorpat 1868.
Kowalewski und Dogiel, Pflüger's Arch. 1870.
Laffont, Compt. rend. Bd. 110.
Langley, Notes on the cervical sympathetic and chiefly on its vasomotor fibres. Proc. phys. soc. 1893. Journ. of Phys. Vol. 14.
Latschenberger und Deahna, Arch. f. d. ges. Physiol. 1876.
Lehman, Zeitschr. f. wiss. Zool. 1864.
Lépine, Compt. rend. d. l. soc. d. Biol. 1876.
Lewaschow, Pflüger's Arch. Bd. XXVI u. XXVIII.
Lovén, Ber. d. sächs. Ges. d. Wiss. 1866.
Massius und Vanlair, Des nerfs vasomoteurs et de leur action. Compt. rend. du Congr. intern. des sc. med. Bruxelles 1878.
Mlodziejewski, Ueber die Wirkung electrischer Ströme auf die Gefässnerven der Haut. Diss. Moskau 1890. (Russisch).
Mosso, Ludwig's Arbeiten 1874.
Moreau, Mémoires de physiologie. Paris 1877.
Nikolski, Arch. f. Anat. u. Phys. 1879.
Nussbaum, Arch. f. d. ges. Phys. 1875.
Ostroumoff, Pflüger's Arch. Bd. XII.
Paneth, Centralbl. f. Phys. 1887.
Pawlow, Pflüger's Arch. Bd. XXXVII.
Pfalz, Ueber das Verhalten verschiedener Thiere gegen Temperaturdifferenzen und electrische Reize.
Piotrowski sen, Ueber den Einfluss des N. vagus auf die Herzthätigkeit. Denkschr. d. wiss. Ges. in Krakau. 1866. (Polnisch).
Piotrowski Gustav jun, Zur Kenntniss der Gefässinnervation. Centralbl. f. Phys. 1887.
— Ueber die Gefässinnervation der Zunge. Med. Rundschau 1877—1888. Krakau. (Polnisch).

— Weitere Studien zur Gefässinnervation. Denkschr. d. Naturh. Abth. d. Acad. der Wiss. in Krakau. 1888. (Polnisch).
— Plethysmographische Untersuchen am Kaninchenohre. Centralbl. f. Phys. 1892.
— Ueber die Einwirkung der Temperatur auf die Gefässwände. Centralbl. f. Phys. 1893.
— Ueber die Hemmungserscheinungen in quergestreiften Muskeln. Centrbl. f. Phys. 1893.
— On the muscle-nerve physiology of the crayfish especially with regard to inhibition. Journ. of Physiol. 1893.
— Zur Frage der Einwirkung der Temperatur auf die Gefässwände. Centralbl. f. Phys. 1893.
Pourfour du Petit, Mem. de l'Acad. des Sciences. 1727.
Prevost, Compt. rend. 1872.
Putzeys und Tarchanoff, Arch. f. Anat. u. Phys. 1874.
Riegel, Pflüger's Arch. Bd. IV.
Roever, Krit. u. experim. Untersuchen des Nervensystems auf d. Blutgefässe. 1869.
Roy, Journ. of Physiol. 1880.
Sadler, Ludwig's Arbeiten, 1870.
Samkowy, Pflüger's Arch. Bd. IX u. X.
Saviotti, Arch. f. path. Anat. 1870.
Sczelkow, Sitzungsber. d. kais. Acad. d. Wiss. Bd. 45.
Schiff, Compt. rend. 1862.
— Untersuchungen zur Phys. d. Nervensystems. 1855.
— Leçons sur l'appareil vasomoteur. 1875.
— Leçons sur la Physiol. de la digestion. 1868.
Smith, Arch. f. Anat. u. Physol. Du Bois Reymond 1881.
Spring, Mémoire sur les mouvements du coeur. Mem. de l'Acad. royale de Belgique. T. 33.
Szpilman und Luchsinger, Pflüger's Arch. Bd. 26.
Voit, Ber. d. deutsch. Naturf. Carlsruhe 1858.
Vulpian, Arch. de physiol. norm. et pathol. 1869. 1876.
— Compt. rend. 1873.
— Leçons sur l'action physiol. d. subst. toxiques. 1881.
— Leçons sur l'appareil vasomoteur. 1875.
— Gazette med. de Paris. 1857.
Waller, Compt. rend. 1872.

Erklärung der Abbildungen.

Taf. III.

Fig. 1. Plethysmograph für die Zunge. w. z. w. z. das zur Durchleitung des Wassers dienende Röhrchen. tr. das Röhrchen mit dem Thermometer. fr. das Röhrchen, welches zur Erleichterung der Einführung der Zunge in den Plethysmographen dient. p. r. das Röhrchen, welches den Plethysmographen mit dem Polygraphen verbindet. k. k. die verschliessende Kautschukmembran.

Fig. 2. Plethysmograph für die Ruthe. Die Buchstaben haben dieselbe Bedeutung.

Fig. 3a. Plethysmograph für die Pfote. Halbe Grösse. 3b Querschnitt unten.

Fig. 4a. Plethysmograph für das Kaninchenohr. Durchschnitt durch das breitere Ausmaass. 4b Durchschnitt durch das engere Ausmaass.

Taf. IV.

Fig. 1. Plethysmographische Curven bei Reizung des Lingualis. A bei normaler Temperatur, B bei 40⁰, C bei 10⁰. a—b die Latenzzeit. Unten sind Sekunden markirt.

Fig. 2. Plethysmographische Curven bei Reizung des Lingualis bei langsamer Umdrehung der Trommel. A bei normaler Temperatur, B bei 10⁰, C bei 40⁰.

Fig. 3. Curven bei Reizung des Hypoglossus. A bei normaler Temperatur, B bei 40⁰, C bei 10⁰. a—b die Latenzzeit.

Fig. 4. Curven bei Reizung des Hypoglossus bei langsamer Umdrehung der Trommel. A bei norm. Temp., B bei 40⁰, C bei 10⁰.

Fig. 5. Curven bei Reizung des Ischiadicus mit rhythmischen Schlägen je 3 Sec., in A 120 mm Rollenabstand, in B 100 mm Rollenabstand, in C 80 mm Rollenabstand, in D 60 mm Rollenabstand.

Fig. 6. Curven bei Reizung des Ischiadicus mit verschiedener Anzahl der Schläge in einer Secunde.

Taf. V.

Fig. 1. Plethysmographische Curven bei Reizung des Ischiadicus.

Fig. 2. Curven bei Reizung des Ischiadicus, in A mit dem Einzelschlage, in B mit Oeffnungs- und Schliessungsschlage.

Fig. 3. Curven bei Reizung des Ischiadicus bei langsamer Umdrehung der Trommel.

Fig. 4. Curven des Kaninchenohres bei Reizung des Sympathicus cervicalis. A bei norm. Temp., B bei 40°, C bei 12°.

Fig. 5. Curve bei Reizung des Sympathicus mit dem Einzelschlage.

Fig. 6. Curve bei Reizung des peripherischen Stumpfes des Auricularis c. m.

Fig. 7. Curve bei Reizung des Sympathicus bei 14°. Es erfolgen nachher rhythmische Kaliberschwankungen der Gefässe.

Taf. VI.

Fig. 1. Curve bei Reizung des Sympathicus.

Fig. 2. Curve bei gleichzeitiger Reizung des Sympathicus und des peripherischen Stumpfes des Auricularis c. m. derselben Seite.

Fig. 3. Curve bei Reizung des Sympathicus mit Einzelschlägen je 1 Sec. bei 100 mm Rollenabstand.

Fig. 4. Dasselbe bei Reizung mit Einzelschlägen je 3 Sec. bei 100 mm Rollenabstand.

Fig. 5. Curve bei Reizung des centralen Stumpfes des Auricularis c. m.

Fig. 6. Curve bei Reizung des centralen Stumpfes des Auricularis c. m. Die Erweiterung der Gefässe hört schon während der Reizung auf.

Fig. 7. Curve der Ruthe bei Reizung des N. erigens.

Ein Versuch über Lähmung und Dehnbarkeit der Harnblase.

Von

Sigmund Exner,
Professor in Wien.

Zum Zwecke gewisser Studien über Reflexe hatte ich einer Reihe von Fröschen das Rückenmark in verschiedenen Höhen quer durchtrennt und eine 1—1,5 mm dicke Querscheibe aus demselben entfernt, dann die Haut zugenäht, und die Thiere am Leben erhalten.

Nach Verlauf von Wochen und Monaten bemerkte ich ein Anschwellen des Leibes einzelner dieser Frösche, und wenn ich dieselben in die Hand nahm und drückte, so entleerte sich ein mächtiger Strahl von Harn aus der Kloake, ähnlich jenem, den auch normale Frösche, wenn man sie hascht, ausspritzen. Nur folgte jener Strahl ausschliesslich dem Drucke der Hand, und war augenscheinlich vollkommen unabhängig vom Willen des Thieres. Denn wie ich mit dem Drucke nachliess, hörte der Strahl auf, und begann wieder mit beginnendem Druck.

Ich hatte es hier also mit einer „gelähmten Harnblase" zu thun und zwar mit jener Form, die J. Wagner kürzlich als „ausdrückbare Blase" beschrieben hat [1]). Dieser Forscher hat sie am Menschen beobachtet und die zu Grunde liegenden nervösen Störungen klar gelegt. Es handelt sich wesentlich um eine wo immer eingetretene Unterbrechung des Reflexbogens für den Tonus der Harnblasenmuskulatur, dessen Centrum im Rückenmark liegt.

Ich habe unseren Kenntnissen von der Innervation der Harnblase nichts Neues beizufügen; wenn ich kurz über diese Versuche berichte, so geschieht es wegen des gewiss für jeden Physiologen und Pathologen überraschenden Grades der Ausdehnung, welche die Harnblase erfahren kann. Die Pathologen sind vom Menschen her an sehr vergrösserte Harnblasen gewöhnt; was aber die

---

1) Wiener klin. Wochenschr. V. Jahrg. Nr. 47 v. 24. November 1892.

Harnblasen meiner Frösche in dieser Beziehung leisteten, übersteigt, soviel ich weiss, alle Erfahrungen.



Fig. 1.

In Fig. 1 gebe ich nach einer Photographie die durchgepauste Umrisszeichnung eines Frosches, der am 21. April 1892 operirt worden war. Die Photographie wurde aufgenommen am 10. November 1892. Dann wurde der Frosch ausgedrückt. Leider gelang es mir nicht, die Harnblase vollkommen zu entleeren. Er wurde sofort, also wenige Minuten nach der ersten Aufnahme wieder photographirt. Fig. 2 ist nach dieser zweiten Aufnahme gezeichnet. Die aus der Harnblase entleerte Flüssigkeit betrug 150 ccm.

Dieses Thier, durch Mehlwürmer künstlich ernährt, wurde in Intervallen von einigen Wochen immer ausgedrückt, es schien sich bei sehr starker Füllung der Blase nicht wohl zu fühlen, wurde nach der Entleerung jedesmal wieder munterer, und starb, nachdem ich es absichtlich mehrere Wochen nicht ausgedrückt hatte, am 25. Juni 1893. Es hatte also 1 Jahr und 2 Monate nach der Operation gelebt.

Die Section zeigte eine Harnblase, deren Volumen zweifellos das Volumen des ganzen übrigen Frosches weit übertraf. Sie war zu einem so dünnen Häutchen ausgedehnt, dass der Versuch sie mit Paraffin zu injiciren nur unvollkommen gelang, da die Schwere des Paraffins ausreichte, das dünne Häutchen zu zerreissen. Einzelne Stücke der Harnblase wurden gefärbt und mikroskopisch

untersucht. Die Muskeltrabekel waren weit auseinandergerückt; eine damit verglichene normale Froschharnblase zeigte nirgends so spärliche Muskelbündel. Das Epithel bildete eine nirgends unterbrochene Schichte platter Zellen, ebenso ununterbrochen war natürlich die bindegewebige Grundlage. Die Dicke der Blase betrug an den ausgedehnten trabekellosen Strecken 0,005 mm. In Alkohol conservirt erscheint die Harnblase wie ein Spinngewebe, das den Paraffinklotz umgiebt.



Fig. 2.

Um die Stelle des Rückenmarkes genau zu ermitteln, deren Verletzung die geschilderten Veränderungen erzeugt, hatte ich im December 1892 eine neue Serie von Fröschen operirt, und zwar wieder in verschiedenen Höhen des Rückenmarkes. Von diesen bekamen drei die geschilderten Zustände der Blase. Bei ihnen war das Rückenmark am fünften Wirbel durchtrennt. Dieses zusammengehalten mit dem Sectionsbefund des geschilderten Frosches, dessen Rückenmark sich in der Höhe des 4.—5. Wirbel als zerstört herausstellte, berechtigt zu dem Ausspruch, dass die Blasenstörung an die Durchtrennung des Rückenmarkes in der Höhe des fünften Wirbels und dessen nächster Umgebung geknüpft ist.

Einen dieser drei Frösche der zweiten Serie tödtete ich im Zustande der gefüllten Blase durch Aetherdämpfe, präparirte die Blase frei — sie reichte beiderseits bis an die Achselhöhlen

heran —, unterband sie, hob sie aus der Bauchhöhle und bestimmte ihr Volumen. Es betrug 40 ccm. Der ganze übrige Frosch hatte ein Volumen von 45 ccm. Auch hier wieder war die Blase zu einem dünnen Häutchen ausgezerrt, obwohl die Ausdehnung, entsprechend der kürzeren Dauer seit der Operation, sehr bedeutend geringer war, wie bei dem erstbeschriebenen Frosche. Das Thier war auch noch nicht so unförmlich geworden. Einem anderen Frosch dieser Serie, der am 18. December 1892 operirt worden war und merklich dieselbe Grösse hat, wie der getödtete, konnte ich schon am 1. Juni 1893 80 ccm Harn ausdrücken, wobei die Blase sichtlich noch nicht vollständig entleert war.

Bei allen diesen Fröschen war die Beweglichkeit der hinteren Extremitäten vom „Vorderthier" unabhängig, dabei aber die Erregbarkeit eine sehr bedeutende. Schon sehr sachte Berührungen der Hinterbeine riefen Zuckungen und Abwehrbewegungen hervor. Ja man war gelegentlich verleitet, an eine unvollkommene Durchschneidung des Rückenmarkes zu denken, weil Kriechbewegungen des Vorderthieres von Bewegungen der Hinterbeine begleitet waren. Erst die genauere Untersuchung zeigte, dass diese Coincidenz von den Tasteindrücken herrührte, welche die mitgeschleppten Hinterbeine an der Unterlage erfuhren, wenn das Thier sich bewegte. Auch waren die Muskeln der Hinterbeine nicht ohne Tonus, hielten vielmehr in der Regel die Gelenke in Beugestellung.

Ueber die Abhängigkeit der Herzthätigkeit einiger Seethiere von der Concentration des Seewassers.

Von

M. A. Schively,
Philadelphia.

1. Bei Untersuchungen über den Einfluss des Wassergehaltes thierischer Gewebe auf ihre Lebenserscheinungen war Dr. Loeb zu dem Resultate gekommen, dass anscheinend innerhalb gewisser Grenzen Zunahme des Wassergehaltes wirkt wie Zunahme der Temperatur, Abnahme des Wassergehaltes wie Abnahme der Temperatur[1]. Dr. Loeb forderte mich auf zu untersuchen, ob auch eine solche Abhängigkeit der Herzthätigkeit von dem Wassergehalt der Zellen sich nachweisen lässt. Meine Untersuchungen wurden im Sommer 1892 in der biologischen Station zu Woods Holl ausgeführt. Als Versuchsobjecte dienten die Herzen von Ascidien, Krebsen, embryonalen und ausgewachsenen Fischen. Die Herzen wurden in Seewasser gebracht, dessen Concentration entweder durch Zusatz von Chlornatrium erhöht, oder durch den Zusatz von Süsswasser verringert war.

Es ist bekannt, dass das Protoplasma für Wasser leicht durchlässig ist, dagegen weniger oder gar nicht für gewisse Salze. Infolgedessen müssen die lebenden Gewebe des Herzens, wenn sie in Seewasser höherer Concentration gebracht werden, Wasser abgeben und wenn sie in Seewasser geringerer Concentration gebracht werden, Wasser aufnehmen. Dr. Loeb erwartete deshalb, dass

---

1) Jacques Loeb, Investigations in Animal Morphology, Journal of Morphology Vol. VII 1892 und Ueber die künstliche Umwandlung positiv heliotropischer Thiere etc. Pflüger's Archiv 1893 Bd. 54.

in concentrirterem Seewasser die Zahl der Herzschläge in der Minute unter die Norm sinken werde und zwar um so mehr, je stärker die Concentration sei; und dass in verdünntem Seewasser die Zahl der Herzschläge um so mehr zunehme, je grösser innerhalb gewisser Grenzen die Verdünnung sei. Es wird natürlich schliesslich eine obere Concentrationsgrenze erreicht werden müssen, bei der die „giftige" Wirkung des Wassers sich äussert. Diese Erwartungen wurden, wie die folgenden Tabellen zeigen, bestätigt.

Ueber die Methode der Versuche ist folgendes zu erwähnen. In der grossen Mehrzahl der Versuche wurde das Herz ausgeschnitten und isolirt und blutleer in die verschiedenen Salzlösungen gebracht. Das geschah bei Ascidien. Bei anderen Thieren, z. B. Krebsen, stand das isolirte Herz zu bald still. Es wurde deshalb nur freigelegt und dann das ganze Thier in die verschiedenen Salzlösungen gebracht. Es ist natürlich in jedem einzelnen Falle genau angegeben, unter welchen Umständen das Herz beobachtet wurde. Da die Temperatur einen grossen Einfluss auf die Herzthätigkeit hat, so war es nöthig dafür zu sorgen, dass alle die verschiedenen Lösungen, in welche das Herz der Reihe nach gebracht wurde, genau die gleiche Temperatur besassen. Das wurde dadurch erreicht, dass die Lösungen längere Zeit vor Beginn des Versuches vorbereitet und nicht eher zu dem Versuche benutzt wurden, als bis in allen Zimmertemperatur herrschte. Selbstverständlich wurde die Temperatur der Lösung während des Versuches genau beobachtet. Die Herzen durften natürlich weder bei der Präparation, noch bei dem Transport von einer Lösung in die andere irgendwie verletzt, noch mechanisch gereizt werden. Sie wurden mit der grössten Vorsicht mittelst eines Uhrgläschens aus einer Lösung gehoben und in die nächste Lösung gebracht. Auf diese Weise wurden stets einige Tropfen einer Lösung in die nächstfolgende gebracht. Da jedoch ein Glas mehrere Hundert Cubikcentimeter einer Lösung enthielt, so konnte die hierdurch bedingte Aenderung der Concentration vernachlässigt werden. Das der Beobachtung unterliegende Herz wurde 5 oder 10 Minuten in einer Lösung gelassen und während dieser Zeit wurde einige Male die Zahl der Herzschläge für eine ganze Minute bestimmt. Diese Zahlen findet der Leser in der Tabelle unter der Rubrik „Zahl der Herzschläge". Es ist absichtlich kein Mittelwerth, son-

dern die unmittelbaren Resultate aller Beobachtungen angegeben, um die Constanz der Erscheinungen besser hervortreten zu lassen. Die Rubrik Zeit giebt an, wie lange das Herz in der Lösung sich befand. Um die Zählungen der Herzschläge sicherer zu machen, wurde ein mechanischer Zählapparat benutzt.

2. Versuche am Tunicatenherz. Die in der Nähe von Woods Holl ziemlich verbreitete Ascidienart ist Molgula. Das Herz kann äusserst leicht ohne jede Verletzung aus dem Thier ausgeschnitten werden. Die Wand des Herzschlauches ist so dünn, dass in wenigen Augenblicken nach der Aenderung der Concentration des Seewassers die osmotischen Aenderungen in den Zellen des ganzen Herzens erfolgen müssen.

Die erste Reihe von Versuchen bestand darin, das Herz in immer stärker concentrirtes Seewasser zu bringen. Die Tabellen 1—4 geben die Resultate solcher Versuche. In der Rubrik Beschaffenheit der Lösung bedeutet beispielsweise + 0,3 g NaCl, dass dieser Betrag zu 100 ccm Seewasser zugefügt wurde.

Tabelle I.

Zeit.	Temperatur.	Beschaffenheit der Lösung.	Zahl der Herzschläge p. Minute.
10.h10—10.h15	23° C.	Normales Seewasser.	40—40—40—40
10. 15—10. 20	22,5°	+ 0,1 gr NaCl	40—40—40—40
10. 20—10. 25	22,5°	+ 0,2 „ „	40—40—40—39
10. 25—10. 30	22,5°	+ 0,3 „ „	39—38—38—38
10. 30—10. 35	22,5°	+ 0,4 „ „	38—38—38—38
10. 35—10. 40	22,5°	+ 0,5 „ „	36—36—36—37
10. 40—10. 45	22,5°	+ 0,6 „ „	35—35—35—35
10. 45—10. 50	22,5°	+ 0,7 „ „	35—34—35—34
10. 55—11.	22,5°	+ 0,8 „ „	32—32—32—32
11. 00—11. 05	22,5°	+ 0,9 „ „	32—32—32—32
11. 05—11. 10	22,5°	+ 1,0 „ „	32—32—32—32
11. 10—11. 15	22,5°	+ 1,1 „ „	31—31—32—31
11. 15—11. 20	22,5°	+ 1,2 „ „	30—30—30—30
11. 20—11. 25	22,5°	+ 1,3 „ „	30—30—30—30
11. 25—11. 30	22,5°	+ 1,4 „ „	30—29—29—29
11. 30—11. 35	22,5°	+ 1,5 „ „	29—29—28—29
11. 35—11. 40	22,5°	+ 1,6 „ „	29—28—28—28
11. 40—11. 45	23°	Normales Seewasser.	40—40—40—40

Das Herz stand still um 1 Uhr 30 Min.

Tabelle II.

Zeit.	Temperatur.	Beschaffenheit der Lösung.	Zahl der Herzschläge p. Minute.
3.h05—3.h10	24° C	Normales Seewasser.	44—45—44—44
3. 10—3. 15	24°	0,5 gr NaCl	40—40—40—40
3. 15—3. 20	24°	1 „ „	36—37—38—38
3. 20—3. 25	24°	1,5 „ „	33—34—34—34
3. 25—3. 30	24°	Normales Seewasser.	43—43—44—45
4. 00—4. 05	24°	Normales Seewasser.	44—45—45

Das Herz stand still um 4 Uhr 30.

Tabelle III.

Zeit.	Temperatur.	Beschaffenheit der Lösung.	Zahl der Herzschläge p. Minute.
3.h10—3.h15	24° C	Normales Seewasser.	40—40—40
3. 15—3. 20	24°	0,3 gr NaCl	38—38—38
3. 20—3. 25	24°	0,6 „ „	35—35—35
3. 25—3. 30	24°	1,2 „ „	30—29—30—31
3. 30—3. 35	24°	1,8 „ „	27—28—28
3. 35—3. 40	24°	Normales Seewasser.	40—38—36

Die Herzthätigkeit erlosch eine halbe Stunde später.

Tabelle IV.

Zeit.	Temperatur.	Beschaffenheit der Lösung.	Zahl der Herzschläge p. Minute.
4.h00—4.h05	24° C.	Normales Seewasser	40—40—40—40
4. 05—4. 10	24°	0,3 gr NaCl	38—36—38—38
4. 10—4. 15	24°	0,7 „ „	30—32—32—32
4. 15—4. 20	24°	1,0 „ „	30—29—29—30
4. 20—4. 25	24°	1,7 „ „	26—26—27—26
4. 25—4. 30	24°	1,0 „ „	30—31—29—30
4. 30—4. 35	24°	0,7 „ „	36—34—32—34
4. 35—4. 40	24°	0,3 „ „	38—38—36—38
4. 40—4. 45	24°	Normales Seewasser	39—38—39—38
4. 50—4. 55	24°	„ „	39—40—39—40

Das Herz stand still um 6 Uhr 30.

Diese Versuche zeigen 1., dass die Zahl der Herzschläge in der Minute mit steigender Concentration der Lösung und demgemäss mit Abnahme des Wassergehaltes der Zellen stetig abnimmt. Ist in normalem Seewasser die Zahl der Herzschläge 40 pro Minute, so geht die Zahl bei Zusatz von 1 pr NaCl, also bei Erhöhung der Concentration des Seewassers um etwa 30%, um ca. 25% herunter.

2. Der **absolute** Betrag der Concentration des Seewassers bestimmt vornehmlich die Zahl der Herzschläge und es macht keinen wesentlichen Unterschied, ob die voraufgehenden Concentrationsänderungen ein wenig grösser oder kleiner waren. So ist in Tabelle I bei einem allmählichen Zusatz von 1 gr NaCl die Zahl der Herzschläge von 40 auf 32 gefallen, in Versuch IV bei einer raschen Concentrationssteigerung von 40 auf 29. 3. Derjenige Betrag von NaCl, dessen Zusatz eben ausreicht eine Abnahme der Herzthätigkeit bei Molgula herbeizuführen, ist etwa 0,2 gr pro 100 ccm einer 3,4% Salzlösung. (Tab. I.)

Tabelle V und VI geben Auskunft über den Einfluss, den eine Verringerung der Concentration des Seewassers und demgemäss eine Zunahme des Wassergehaltes der Zellen auf die Herzthätigkeit hat. Der Ausdruck 10 ccm Seewasser bedeutet, dass in diesem Falle 10 ccm Süsswasser zu 100 ccm Seewasser zugefügt wurden.

Tabelle V.

Zeit.	Temperatur.	Beschaffenheit der Lösung.	Zahl der Herzschläge p. Minute.
2.h45—2.h55	23° C	Normales Seewasser	40—40—40—40
2. 55—3. 05	23°	10 ccm Süsswasser	41—40—41—41
3. 05—3. 15	23°	20 " "	42—42—42
3. 15—3. 25	23°	25 " "	43—45—46
3. 25—3. 35	23°	40 " "	48—48—48
3. 35—3. 45	23°	60 " "	48—48

Tabelle VI.

Zeit	Temperatur.	Beschaffenheit der Lösung.	Zahl der Herzschläge p. Minute.
3.h45—3.h50	23° C	Normales Seewasser	30—30—30
3. 50—3. 55	23°	40 ccm Süsswasser	38—38—38
3. 55—4. 00	23°	25 " "	36—36—35—36
4. 00—4. 05	23°	20 " "	33—34—34—34
4. 05—4. 10	23°	10 " "	31—32—32—32
4. 10—4. 15	23°	Normales Seewasser	30—30—30—30

Die Versuche zeigen, dass mit abnehmender Concentration, also mit Zunahme des Wassergehaltes der Zellen, die Zahl der Herzschläge in der Minute zunimmt. Bei einer Abnahme der Concentration des Seewassers um 40% nahm die Zahl der Herz-

schläge um etwa 20% zu. Bei einer Abnahme der Concentration um 60% traten die giftigen Wirkungen des Wassers ein. (Tab. V.)

Die weiteren Tabellen VII—X enthalten die Ergebnisse von Versuchen, in denen Erhöhung der Concentration des Seewassers und Verringerung combinirt sind.

Tabelle VII.

Zeit.	Temperatur.	Beschaffenheit der Lösung.	Zahl der Herzschläge p. Minute.
2.h45—2.h50	24° C	Normales Seewasser.	38—39—39—40
2. 50—2. 55	24°	40 ccm Süsswasser	48—46—48—48
2. 55—3. 00	24°	Normales Seewasser	40—40—40
3. 00—3. 05	24°	0,7 gr NaCl	32—32—31—32
3. 05—3. 10	24°	Normales Seewasser	40—40—40
3. 10—3. 15	24°	20 ccm Süsswasser	44—44—44
3. 15—3. 20	24°	Normales Seewasser	40—40—40
3. 20—3. 25	24°	1,0 gr NaCl	32—30—34—34
3. 25—3. 35	24°	Normales Seewasser	40—40—40—39
3. 35—3. 40	24°	0,3 gr NaCl	36—34—36—36
3. 40—3. 45	24°	Normales Seewasser	40—40—40

Das Herz stand still um 4 Uhr 30.

Tabelle VIII.

Zeit.	Temperatur.	Beschaffenheit der Lösung.	Zahl der Herzschläge p. Minute.
10.h50—10.h55	23° C.	Normales Seewasser	39—39—40—40
10. 55—11.	23°	0,3 gr NaCl	36—36—38
11. 00—11. 10	23°	Normales Seewasser	40—40—40
11. 10—11. 15	23°	0,7 gr NaCl	32—33—34—34
11. 15—11. 20	23°	Normales Seewasser	39—40—40
11. 20—11. 25	23°	1,0 gr NaCl	30—31—32—32
11. 25—11. 30	23°	Normales Seewasser	40—40—40
11. 30—11. 35	24°	1,7 gr NaCl	28—29—30—30
11. 35—11. 40	24°	Normales Seewasser	40—40—40
11. 40—11. 45	24°	20 ccm Süsswasser	44—44—46—46
11. 45—11. 50	24°	Normales Seewasser	39—40—40
11. 50—11. 55	24°	40 ccm Süsswasser	48—49—50—50
11. 55—12. 05	24°	Normales Seewasser	40—40—40
12. 05—12. 10	24°	60 ccm Süsswasser	50—40—40—34

Tabelle IX.

Zeit.	Temperatur.	Beschaffenheit der Lösung.	Zahl der Herzschläge p. Minute.
3.h35—3.h45	25,5° C.	Normales Seewasser	40—40—40
3. 45—3. 50	25,5°	40 ccm Süsswasser	48—45—45
3. 50—3. 55	25,5°	Normales Seewasser	40—40—40
3. 55—4.	25,5°	0,7 gr NaCl	30—30—30
4. 00—4. 10	25,5°	Normales Seewasser	40—40—40

Das Herz stand still um 4 Uhr 20.

Tabelle X.

Zeit.	Temperatur.	Beschaffenheit der Lösung.	Zahl der Herzschläge p. Minute.
11.h00—11.h05	23,5° C.	Normales Seewasser	40—40—40
11. 05—11. 10	23,5°	40 ccm Süsswasser	48—48—48
11. 10—11. 20	23,5°	Normales Seewasser	40—40—40
11. 20—11. 15	23,5°	0,7 gr NaCl	32—32—32
11. 25—11. 35	23,5°	Normales Seewasser	40—40—40
11. 35—11. 40	24°	0,3 gr NaCl	38—38—38
11. 40—11. 45	23,5°	Normales Seewasser	40—40—40
2. 30	23,5°	„ „	20—20—20

Das Herz stand still um 3 Uhr.

Das wichtigste Resultat dieser Versuche ist, dass es wesentlich auf den absoluten Wassergehalt der Zellen ankommt.

3. Versuche an Krebsen. (Cancer irroratus.) Das ausgeschnittene Herz von Cancer irroratus schlug nicht lange genug, um die für unseren Zweck nöthigen Versuche anzustellen. Deshalb wurde das Herz durch theilweise Abtragung des Rückenskeletts freigelegt, im Uebrigen aber im Thier und in Verbindung mit den Gefässen und Nerven gelassen. Das ganze Thier wurde dann in die verschiedenen Salzlösungen gebracht. Wie in den vorhergehenden Tabellen bedeutet in der Rubrik „Beschaffenheit der Lösung" der Ausdruck „20 ccm Süsswasser" oder „1 gr NaCl", dass 20 ccm Süsswasser oder 1 gr NaCl zu 100 ccm normalem Seewasser zugefügt wurden.

Tabelle XI.

Zeit.	Temperatur.	Beschaffenheit der Lösung.	Zahl der Herzschläge p. Minute.
4.h00—4.h10	24° C.	Normales Seewasser	48—48—48
4. 10—4. 15	24°	50 ccm Süsswasser	58—58—58
4. 15—4. 30	24°	Normales Seewasser	48—48—48
4. 30—4. 35	25°	1,0 gr NaCl	40—40—40
4. 35—4. 45	25°	Normales Seewasser	48—48—48
4. 45—4. 50	25°	2,0 gr NaCl	32—30—30
4. 50—5. 00	25°	Normales Seewasser	48—48—48

Tabelle XII.

Zeit.	Temperatur.	Beschaffenheit der Lösung.	Zahl der Herzschläge p. Minute.
2.h00—2.h10	24,5° C.	Normales Seewasser	50—50—50
2. 15—2. 20	24,5°	2,0 gr NaCl	40—39—38
2. 20—2. 30	24,5°	Normales Seewasser	50—50—50
2. 30—2. 35	24,5°	1,0 gr NaCl	45—47—45
2. 35—2. 45	24,5°	Normales Seewasser	50—50—50
2. 45—2. 50	24,5°	50 ccm Süsswasser	52—55—60—60
2. 50—3. 20	24,5°	Normales Seewasser	40—40—40

Das Herz stand still um 3 Uhr 45.

Tabelle XIII.

Zeit.	Temperatur.	Beschaffenheit der Lösung.	Zahl der Herzschläge p. Minute.
10.h30—10.h35	23,5° C.	Normales Seewasser	50—50—50
10. 35—10. 40	23,5°	+ 1,0 gr NaCl	40—40—40
10. 40—10. 50	24°	Normales Seewasser	50—50—50
10. 50—10. 55	24°	+ 2,0 gr NaCl	30—30—30
11. 00—11. 10	24°	Normales Seewasser	50—50—50

Tabelle XIV.

Zeit.	Temperatur.	Beschaffenheit der Lösung.	Zahl der Herzschläge p. Minute.
1.h20—1.h25	24° C.	Normales Seewasser	50—50—50
1. 25—1. 30	24°	+ 1,0 gr NaCl	40—40—40
1. 30—1. 40	24°	Normales Seewasser	55—55—50
1. 45—1. 50	23°	50 ccm Süsswasser	60—60—62
1. 50—2. 05	24°	Normales Seewasser	56—54—52
2. 05—2. 10	23°	Süsswasser	47—50—45
2. 10—2. 15	24°	Normales Seewasser	30

Das Herz stand still um 2 Uhr 35.

Die Versuche ergaben wieder, dass Erhöhung der Concentration des Seewassers und Abnahme des Wassergehaltes der Zellen eine Abnahme in der Zahl der Herzschläge bedingt. Zusatz von 1 gr NaCl zu 100 ccm Seewasser, also Erhöhung der Concentration um ca. 30%, hatte eine Erniedrigung der Zahl der Herzschläge um ca. 20%, Zusatz von 2 gr NaCl hatte eine Erniedrigung der Zahl der Herzschläge um ca. 40% zur Folge (Tabelle 13). Abnahme der Concentration des Seewassers, also Zunahme des Wassergehaltes der Zellen, hat eine Zunahme der Herzschläge zur Folge. Zusatz von 50% Süsswasser zu normalem Seewasser hatte eine Zunahme der Zahl der Herzschläge um 20% zur Folge. Wohl in Folge der dickeren Wand des Herzens zeigen sich hier die Wirkungen der Concentrationsänderung nicht mehr so regelmässig und schnell wie beim Ascidienherz.

4. Versuche an Fischen. Zu diesen Versuchen wurde das Herz von Fundulus benutzt. Das ausgeschnittene Herz stand bald still, so dass wir uns auch hier darauf beschränken mussten, das Herz freizulegen und dann den ganzen Fisch in die verschiedenen Salzlösungen zu bringen. Da der Fisch sehr klein ist, liess sich das bequem ausführen. Der Fisch ist im Stande in Süsswasser sowohl wie in Seewasser zu leben. Das Herz ist dicker und complicirter gebaut als das Ascidienherz und das drückt sich äusserlich darin aus, dass die Zahlen nicht mehr so konstant sind, wie beim Ascidienherzen. Jedoch ist das Resultat evidenter Weise dasselbe wie bei Molgula und Cancer irroratus.

Tabelle XV.

Zeit.	Temperatur.	Beschaffenheit der Lösung.	Zahl der Herzschläge p. Minute.
10.h30—10.h35	24° C.	Normales Seewasser	96—98
10. 35—10. 40	24°	+ 1,0 gr NaCl	75—72—70
10. 40—10. 45	24°	Normales Seewasser	93—95—96
10. 45—10. 55	24°	+ 2,0 gr NaCl	70—74—70
10. 55—11. 10	24°	Normales Seewasser	90—90—92
11. 10—11. 15	24°	50 ccm Süsswasser	82—100—99—100
11. 30—11. 35	22°	Normales Seewasser	80—85—90

Tabelle XVI.

Zeit.	Temperatur.	Beschaffenheit der Lösung.	Zahl der Herzschläge p. Minute.
3.h00—3.h15	23° C.	Normales Seewasser	93—90
3. 15—3. 20	24°	33 ccm Süsswasser	120—99—100
3. 25—3. 30	23°	Normales Seewasser	88—90—88
3. 35—3. 40	23°	+ 1,0 gr NaCl	70—74
3. 45—3. 50	23°	Normales Seewasser	90—94—92
3. 55—4.	23°	+ 2,0 gr NaCl	60—61—59

Tabelle XVII.

Zeit.	Temperatur.	Beschaffenheit der Lösung.	Zahl der Herzschläge p. Minute.
10.h45—11.h	23° C.	Normales Seewasser	90—93—93
11. 00—11. 10	23°	50 ccm Süsswasser	100—100
11. 10—11. 20	23°	Normales Seewasser	95—95
11. 35—11. 40	23°	+ 1,0 gr NaCl	88—84—82
11. 40—11. 50	23°	Normales Seewasser	95—94—94
11. 50—11. 55	23°	+ 2,0 gr NaCl	65—64—62

Tabelle XVIII.

Zeit.	Temperatur.	Beschaffenheit der Lösung.	Zahl der Herzschläge p. Minute.
5.h00—5.h05	23° C.	Normales Seewasser	96—94—92—90
5. 05—5. 10	23°	+ 1,0 gr NaCl	70—72—72—72
5. 10—5. 20	23°	Normales Seewasser	90—92—90
5. 20—5. 25	23°	+ 2,0 gr NaCl	65—67—68
5. 25—5. 35	23°	Normales Seewasser	90—98—95
5. 35—5. 40	23°	50 ccm Süsswasser	100—100—100
5. 40—5. 50	23°	Normales Seewasser	95—96—94—90

Das Herz stand still um 6 h 30. Ausnahmslos steigt demnach mit abnehmender Concentration des Seewassers, also zunehmendem Wassergehalt der Zellen, die Zahl der Herzschläge. Bei Zufügung von 1 gr NaCl zu 100 ccm Seewasser, also bei einer Erhöhung der Concentration um ca. 30% sank die Zahl der Herzschläge um etwa 12%—20%.

5. Versuche an Embryonen von Fundulus. Da das Fundulusei ziemlich durchsichtig ist, so kann die Zahl der Herzschläge im Embryo leicht beobachtet werden. Dr. Loeb hatte für andere Zwecke Fundulusembryonen in Seewasser verschiedener Concen-

tration gezüchtet und an einer grossen Zahl dieser Embryonen zählte ich die Herzschläge. Da die Zahl der Tabellen in dieser kleinen Abhandlung ohnehin schon unverhältnissmässig gross ist, so möge die Wiedergabe einer einzigen besonders regelmässigen Beobachtungsreihe hier genügen. Es handelte sich um 14 Tage alte Embryonen, die dem Ausschlüpfen nahe waren.

Tabelle XIX.

Temperatur.	Beschaffenheit der Lösung.	Zahl der Herzschläge p. Minute.
24,9° C.	Süsswasser	111
21,5°	Normales Seewasser	98
24,6°	„ „	101
24,6°	+ 5,0 gr NaCl	70
22,8°	+ 7,0 gr „	67
22,3°	+ 9,0 gr „	50
24,8°	+ 12 gr „	40

Die Zahl der Herzschläge stieg mit abnehmender Concentration des Seewassers und demgemäss mit zunehmendem Wassergehalt des Embryos. Das Abhängigkeitsverhältniss der Herzthätigkeit von der Concentration des Seewassers ist aber hier ein complicirteres als im Falle des ausgeschnittenen Ascidienherzens und das tritt auch in der geringeren Constanz der absoluten Zahlen zu Tage.

6. Es wurde zuletzt die Frage aufgeworfen, ob sich auch für andere rhythmische Thätigkeiten als der Herzschlag dasselbe Abhängigkeitsverhältniss vom Wassergehalt der Zellen nachweisen lasse. Die Versuche sind noch nicht abgeschlossen; soweit sie aber geführt sind, sprechen sie dafür, dass dieses Abhängigkeitsverhältniss nicht auf die Herzthätigkeit allein beschränkt sei. Zuerst wurden die Contractionen der Schwimmglocke von Medusen beobachtet. Das beobachtete Thier war Dactylometra, eine Scyphomeduse. Tabelle 20 und 21 geben die Resultate von zwei Beobachtungsreihen.

Tabelle XX.

Zeit.	Temperatur.	Beschaffenheit der Lösung.	Zahl der Contractionen p. Minute.
9. 30—9.h35	23° C.	Normales Seewasser	48—48—48
9. 35—9. 40	23°	+ 0,5 NaCl	48—40—40
9. 40—9. 45	23°	Normales Seewasser	48—48—48

Zeit.	Temperatur.	Beschaffenheit der Lösung.	Zahl der Contractionen p. Minute.
9.h45— 9.h50	23° C.	+ 1,0 gr NaCl	40—32—34—36
9. 50— 9. 55	23°	Normales Seewasser	46—48—48
10. 25—10. 30	23°	„ „	40—40—40—40
10. 30—10. 35	22°	10 ccm Süsswasser	40—42—42—42
10. 35—10. 40	22°	20 ccm „	40—45—45—45
10. 40—10. 45	23°	Normales Seewasser	40—40—40
10. 45—10. 50	22°	20 ccm Süsswasser	40—46—45—45
10. 50—10. 55	23°	Normales Seewasser	40—40—40
10. 55—11.	23°	„ „	40—40—40—42
11. 11—05.	23°	+ 0,5 gr NaCl	36—38—37—38
11. 05—11. 10	23°	Normales Seewasser	40—42—42—42
11. 10—11. 15	23°	+ 1,0 gr NaCl	40—34—34—34
11. 15—11. 20	23°	Normales Seewasser	40—40—40

Tabelle XXI.

Zeit.	Temperatur.	Beschaffenheit der Lösung.	Zahl der Contractionen p. Minute.
10.h50—10.h55	23° C.	Normales Seewasser	45—45—45
10. 55—11.	23°	+ 0,5 gr NaCl	45—40—41
11. 00—11. 05	23°	+ 1,0 gr „	38—38—38
11. 05—11. 15	23°	Normales Seewasser	45—45—45
11. 15—11. 20	22°	10 ccm Süsswasser	45—45—46—46
11. 20—11. 25	23°	20 ccm „	46—50—50
11. 25—11. 30	23°	Normales Seewasser	45—45—45
2. 35— 2. 40	22°	„ „	45—45—45
2. 40— 2. 45	22°	25 ccm Süsswasser	45—54—54—52
2. 45— 2. 50	22°	Normales Seewasser	45—45—45

Einem Zusatz von 1 gr NaCl zu 100 ccm Seewasser, das heisst einer Steigerung der Concentration um etwa 30% entspricht eine Herabsetzung der Zahl der Schwimmglockencontractionen um ca. 14—25%.

Das Resultat dieser Beobachtungen ist in Kürze folgendes: Erhöhung der Concentration des Seewassers und demnach Abnahme des Wassergehaltes der Zellen innerhalb gewisser Grenzen vermindert die Zahl der Herzschläge bei den in dieser Arbeit erwähnten Seethieren; Verminderung der Concentration des Seewassers und demnach Zunahme des Wassergehaltes der Zellen innerhalb gewisser Grenzen vermehrt die Zahl der Herzschläge. Das gleiche Abhängigkeitsverhältniss vom Wassergehalt der Gewebe gilt wahrscheinlich auch für andere rhythmische Vorgänge.

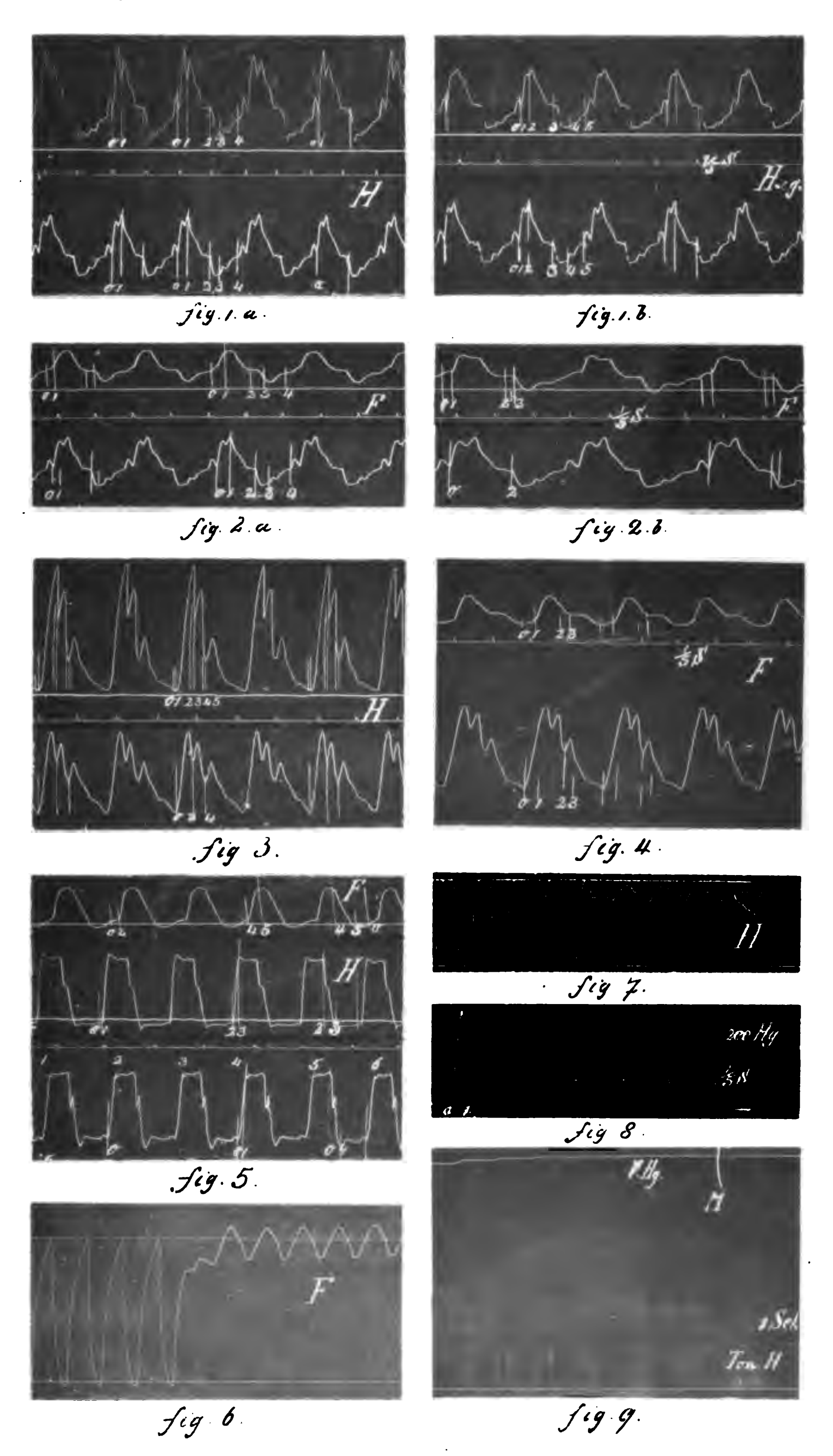
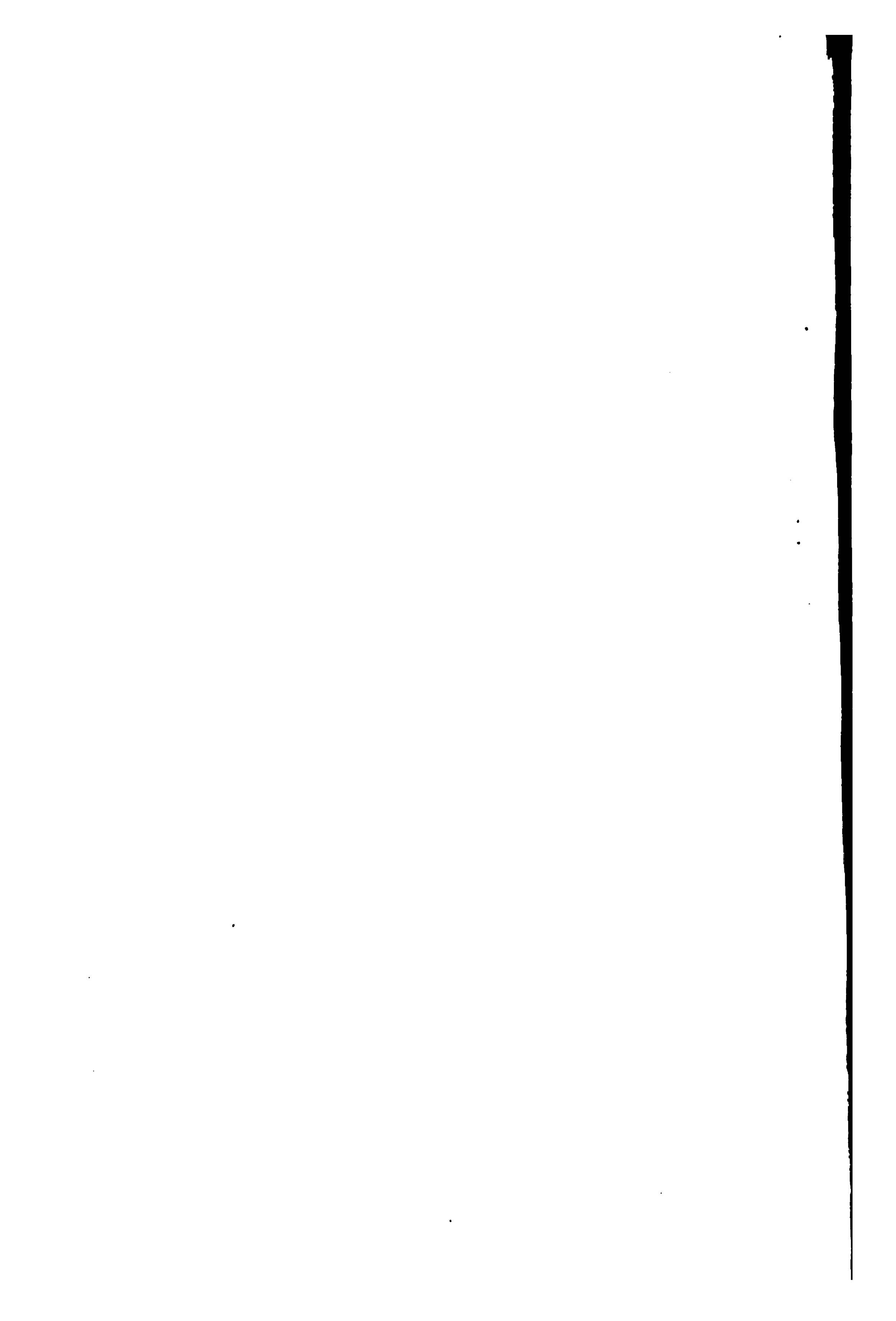


fig. 1. a. fig. 1. b. fig. 2. a. fig. 2. b. fig. 3. fig. 4. fig. 5. fig. 6. fig. 7. fig. 8. fig. 9.

Lichtdruck von Kühl & Co., Frankfurt a. M.

Verlag von Emil Strauss, Bonn.



(Aus dem physiologischen Institut zu Breslau.)

Beiträge zur Haemodynamik.

Neunte Abhandlung: Vergleichende Prüfung der Tonographen von Frey's und Hürthle's.

Von

Dr. K. Hürthle,
Privatdocent und Assistent am physiologischen Institut.

Hierzu Taf. VII und 4 Holzschnitte.

In den beiden kürzlich erschienenen Abhandlungen — Das Plateau des Kammerpulses und Die Ermittlung absoluter Werthe für die Leistung von Pulsschreibern[1]) — sucht von Frey einen neuen Beweis dafür beizubringen, dass der von ihm benützte Tonograph[2]) mit Luftübertragung zur Darstellung des Druckablaufs im Ventrikel eine genügende Einstellungsfähigkeit besitze und die von ihm beobachtete Form des Kammerpulses, der nur aus einem auf- und absteigenden Schenkel besteht, die richtige sei. Die überwiegende Mehrzahl der Darstellungen, welche diesem Pulse ein zwischen auf- und absteigendem Schenkel gelegenes Plateau zuschreiben, soll auf Fehler der Technik zurückzuführen sein.

Um den Beweis für die genügende Leistungfähigkeit seines Tonographen zu erbringen, verwirft von Frey die früher von ihm selbst und von mir gebrauchte Prüfungsmethode, welche darin besteht, dass die Zeit gemessen wird, welche das Instrument zur Einstellung auf einen bestimmten Druckwerth gebraucht. Als Gründe für die Unzulänglichkeit dieser Methode führt von Frey an, dass die geforderte Form der Curve nicht bekannt und das zur Auswerthung der Beschleunigung benutzte Curvenstück viel zu gross sei, als dass die Annahme gerechtfertigt wäre, es herrsche

1) Arch. f. (Anat. u.) Physiologie. 1893. S. 1—48.

2) Für das elastische Manometer hat von Frey die Bezeichnung „Tonograph“ eingeführt.

in der ganzen betrachteten Strecke eine constante Beschleunigung. Statt dessen erzeugt von Frey eine Druckschwankung von bestimmter Form, welche der Tonograph wiederzugeben hat und misst an derselben nicht die Geschwindigkeit der Einstellung auf einen bestimmten Druckwerth, sondern die Beschleunigung, d. i. die Aenderung der Geschwindigkeit, welche der Tonograph ohne Eigenschwingung verträgt. Zur Erzeugung der Druckschwankung von bekannter Form wird einer mit dem zu prüfenden Tonographen verbundenen Membrantrommel mittelst eines willkürlich bewegten Hebels eine bestimmte Bewegung aufgezwungen und diese Bewegung vom Hebel einerseits direct aufgeschrieben und andererseits auf das zu prüfende Instrument übertragen und gleichfalls registrirt. Der Vergleich beider Curven entscheidet dann über die Leistungsfähigkeit des Instruments. Von den auf diese Weise erzeugten Curven wurden nun solche ausgewählt, „welche trotz anscheinend starker Beschleunigung eine Störung durch Eigenschwingungen nicht erkennen liessen". Diese wurden stückweise 200fach vergrössert, die bei der Vergrösserung auftretenden Unregelmässigkeiten des Originals „corrigirt" und die Beschleunigung eines vergrösserten Abschnittes der Curve unter dem Mikroskop ausgemessen. Darauf wurde ein mittelst desselben Tonographen verzeichneter Kammerpuls gleichfalls vergrössert und ausgemessen und die bei den beiden Curven gefundenen Werthe der Beschleunigung miteinander verglichen; dabei ergab sich, dass die Beschleunigung des Kammerpulses kleiner war, als die der künstlichen Druckschwankung, woraus die genügende Leistungsfähigkeit des Tonographen gefolgert wird.

An dieser Beweisführung fehlt aber leider die Hauptsache, nämlich der Nachweis, dass diejenige Curve, nach welcher die Leistungsfähigkeit des Tonographen bemessen wird, den gestellten Anforderungen vollkommen entspricht, d. h. also der Nachweis, dass die Curve des druckerzeugenden Hebels, die wir die Probecurve nennen wollen, und die des Tonographen vollkommene Uebereinstimmung bezw. Proportionalität zeigen und an letzterer keine Phasenverschiebung und keine Eigenschwingungen auftreten. Ein solcher Nachweis wird nirgends erbracht; das Einzige, was hierauf Bezug nimmt, ist Folgendes (S. 32): „In diesem Stabe (der zweiten Ordinatendifferenzen der Tonographencurve) findet sich kein Zeichenwechsel; sämmtliche Werthe sind negativ bis auf

zwei, welche 0 sind. Dadurch ist erwiesen, dass Eigenschwingungen fehlen." Es ist mir aber unerfindlich, wie aus einer bestimmten Qualität der Tonographencurve allein, ohne den Nachweis derselben Qualität der Probecurve, auf das Fehlen von Eigenschwingungen geschlossen werden kann. Auch die schon erwähnte Bemerkung (S. 30), dass zur Ausmessung solche Curven ausgewählt wurden, „welche trotz anscheinend starker Beschleunigung eine Störung durch Eigenschwingungen nicht erkennen liessen", macht die Beibringung des Beweises nicht entbehrlich, besonders nicht für denjenigen, welcher die S. 28 mitgetheilten Curven genauer betrachtet; an diesen wird vor allem die Einzeichnung der durch die ausgezeichneten Punkte gehenden Ordinaten vermisst, welche dem Leser ein Urtheil darüber geben, ob eine Phasenverschiebung vorhanden ist oder nicht. Betrachtet man aber die am Fusspunkte der Pulse angebrachten Marken der zeitlich identischen Punkte der Probe- und Tonographencurve, so erhält man von der bei der Registrirung erreichten Präcision einen schlechten Eindruck; bekanntlich hat jeder Tonograph eine Verspätung, welche bei gleichen äussern Bedingungen constant ist. Untersucht man nun die Verspätung des Tonographen F[1]) an den Pulsen der Fig. 3 S. 28, so zeigt der erste Puls nicht nur keine Verspätung, sondern beginnt seinen Anstieg vor der prüfenden Curve; der zweite Puls hat eine kleine, der dritte eine mindestens doppelt so grosse Verspätung und beim vierten und fünften ist eine solche wieder nicht zu bemerken.

Diese Unregelmässigkeit macht es bei dem Mangel weiterer Ordinaten dem Leser unmöglich, sich vom Fehlen der Eigenschwingungen zu überzeugen.

Zieht man weiterhin in Betracht, dass mit der Vergrösserung der Curven auch ihre Fehler vergrössert werden, und dass von Frey Curven, an welchen das blosse Auge schon Unregelmässigkeiten wahrnimmt, 200 mal vergrössert, corrigirt und unter dem Mikroskop ausmisst, so machen sich starke Bedenken gegen den Werth dieser Messungen geltend.

Auch in der Form der Probecurve finde ich einen wesentlichen Mangel der Beweisführung: von Frey verwendet nämlich zur Prüfung des Tonographen stets nur eine Form der Druckschwankung und zwar gerade eine solche, welche mit seinen

1) Tonograph F = Ton. von Frey's. Tonogr. H = Ton. Hürthle's.

Kammerpulsen Aehnlichkeit hat; dies ist deshalb nicht gerechtfertigt, weil die Wiedergabe dieser Form möglicherweise durch die Eigenschwingung seines Tonographen begünstigt wird. Wenn der Gegner überzeugt werden soll, dass der Tonograph F die Marey'sche Form des Kammerpulses deshalb nicht registrirt, weil sie in Wirklichkeit nicht vorhanden ist, so muss auch der Beweis beigebracht werden, dass der Tonograph F solche Formen registrirt, wenn sie vorhanden sind. Wir werden aber weiter unten sehen, wie es damit bestellt ist.

Bei diesen wesentlichen Mängeln kann der Beweis der zureichenden Leistungsfähigkeit für den Tonographen F nicht für erbracht gelten und ich hielt es für angezeigt, die Tonographen F und H mittelst derselben und zwar mittelst der von Frey als geeignet empfohlenen Methode zu prüfen und ihre Leistungen mit einander zu vergleichen. Es wurden also auf beide Instrumente Bewegungen von bekannter Form übertragen und die Tonographencurven jeweils mit den Probecurven verglichen. Um Bewegungen von bekannter und stets gleichbleibender Form zu erhalten, wurde nach dem Vorgange von Donders ein Excenter von bestimmter Form verwendet, durch dessen Drehung die gewünschte Bewegung erzeugt wird; diese wurde dann auf eine mit dem Tonographen F oder H verbundene Aufnahmetrommel übertragen, oder auch gleichzeitig auf zwei Aufnahmetrommeln, die zu den beiden Tonographen führten. Die nachfolgende Skizze gibt eine Uebersicht über die Versuchsanordnung.

E ist eine excentrisch abgeschliffene Messingscheibe, welche auf der Axe a befestigt ist; letztere ist mit einer Kurbel versehen und wird mit der Hand gedreht. Auf dem Excenter liegt der um die Axe A drehbare Messinghebel hh auf und wird durch die Spiralfeder sp angedrückt erhalten. Wird der Excenter gleichmässig mit bestimmter Geschwindigkeit gedreht, so werden dem Hebel Bewegungen von bestimmter Form und Geschwindigkeit ertheilt; bei schnellerer Rotation wird die Geschwindigkeit der Bewegung vergrössert, während die Form dieselbe bleibt. Diese Bewegungen werden auf zwei Membrantrommeln T_I und T_{II} übertragen, welche sich zu beiden Seiten des Hebels in gleicher Entfernung von der Axe A befinden; T_I ist mit dem Tonograph F verbunden; das System ist bis zur Mitte der Kugel K mit Wasser gefüllt und hat von hier ab Lufttransport bis zum Tonographen; T_{II} ist mit To-

nograph H verbunden und hier ist durchgängig Wasserführung. Da der Tonograph F zur Erzeugung eines bestimmten Druck-

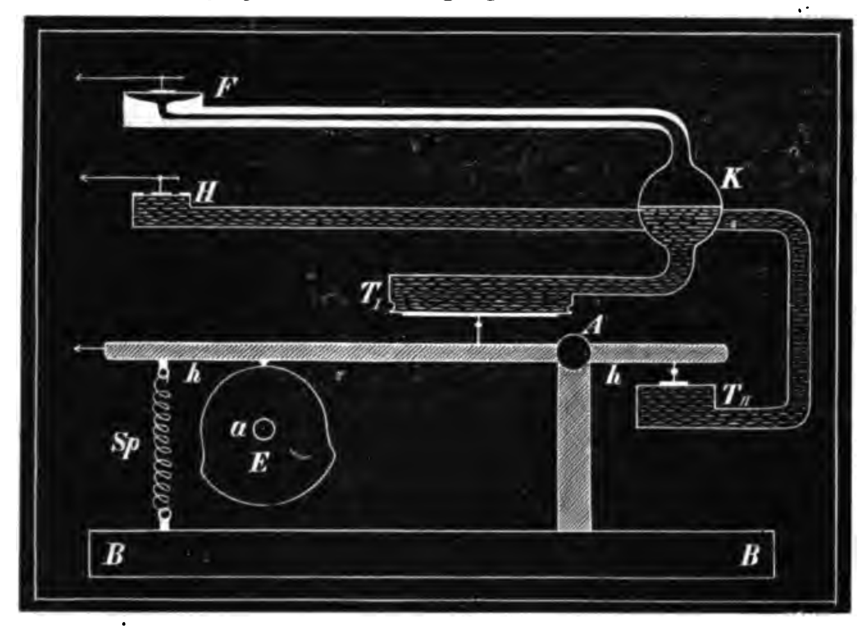


Fig. 1.

werthes eine viel grössere Flüssigkeitsverschiebung beansprucht, als der Tonograph H, so muss die Aufnahmetrommel für ihn viel grösser gemacht werden als für den Tonograph H, falls beide Aufnahmetrommeln dieselbe Entfernung von der Hebelaxe haben und in beiden Tonographen annähernd gleiche Druckschwankungen erzeugt werden sollen. Trotzdem nun T_I einen Durchmesser von 40 mm, T_{II} einen solchen von 15 mm hat, beträgt die bei der Rotation des Excenters im Tonographen F erzeugte Durchschwankung doch nur etwa $^3/_4$ (vgl. S. 327) von der gleichzeitig im Tonograph H hervorgebrachten[1]).

Die beiden Tonographen F und H sind an einer Stativstange angebracht, welche in dem Fussbrett BB festgeschraubt ist. Auf diese Weise lassen sich die Schreibspitzen der drei Hebel gleichzeitig an das berusste Papier anlegen und bei der Drehung des

1) Die Vorrichtung wurde von Mechanikus Kagenaar in Utrecht bezogen, von mir aber in der beschriebenen Weise abgeändert, da sie ursprünglich für Lufttransport und nur für eine Trommel eingerichtet war.

Excenters entstehen unten die Curve des Messinghebels — die Probecurve — oben die eines Tonographen oder beider gleichzeitig.

Was nun die Form der zur Prüfung verwendeten Druckschwankungen anlangt, so wurden dieselben zum Theil mittelst der vom Mechaniker gelieferten Excenter erzeugt, welche das Cardiogramm, den Carotis- und Radialispuls nach Donders darstellen; für einen weiteren Versuch wurde dann noch ein Excenter hergestellt, der Kammerpulse von der Marey'schen Form erzeugt. Diese Prüfungen hatten folgendes Ergebniss:

In Fig. 1 und 2 Taf. VII ist das Cardiogramm zur Prüfung verwendet und in Fig. 1 der Tonograph *H*, in Fig. 2 der Tonograph *F* das geprüfte Instrument; unten ist jeweils die Curve des durch den Excenter bewegten Hebels, oben das Tonogramm, zwischen beiden die Zeit in $^1/_5$ Sek. markirt (Chronograph von Jaquet). Beim Tonographen *H* wurde die Druckschwankung, um den Einfluss der Dämpfung (vgl. S. 334—335) zu zeigen, zuerst auf das ungedämpfte und dann auf das gedämpfte Instrument übertragen. Fig. 1a zeigt die Curve des ungedämpften Tonographen: Die Verspätung ist sehr klein, sie beträgt 0,01 Sek. und die Probecurve wird ohne Phasenverschiebung mit allen ihren Einzelheiten wiedergegeben. Nur bei den beiden raschen Druckänderungen, am Ende des aufsteigenden und des absteigenden Schenkels, treten Eigenschwingungen auf, welche aber weder so gross sind, noch so lange anhalten, dass der Charakter der Curve dadurch entstellt würde. Die Eigenschwingung des aufsteigenden Schenkels besteht darin, dass der erste Curvengipfel höher ist als der zweite, während in der Probecurve das Umgekehrte der Fall ist; am Ende des absteigenden Schenkels tritt eine kleine Nachschwingung auf (3), welche in der Probecurve fehlt.

Diese Fehler lassen sich nun durch Dämpfung beseitigen und obwohl das Instrument durch diese Vornahme träger gemacht wird, ist seine Einstellungsfähigkeit doch noch genügend, die verlangte Curve vollkommen genau wiederzugeben, wie die Betrachtung der Fig. 1b ohne Weiteres zeigt.

Vergleichen wir nun damit die Wiedergabe derselben Druckschwankung durch den Tonographen *F*, welche in Fig 2 a und b dargestellt ist, so muss in erster Linie hervorgehoben werden, dass nur bei ganz erheblicher Verlangsamung der Rotationsge-

schwindigkeit des Excenters Tonogramme entstehen, welche der Probecurve ähnlich sind; so kommen in Fig 2 b nur drei Pulse auf 2 Sek., während in Fig. 1 b 5,5 Pulse auf denselben Zeitraum fallen; die Druckschwankung verläuft also im Tonographen *H* beinahe doppelt so schnell, wie im Tonographen *F*; trotzdem zeigt die Curve des letzteren verschiedene Fehler, während die des Tonographen *H* ganz correct ist; der erste Gipfel im Tonogramm der Fig. 2 b ist höher als der zweite, während in der Probecurve das Umgekehrte der Fall ist; ferner fehlt die kleine Welle vor dem absteigenden Schenkel und endlich sind die Wellen der diastolischen Linie sehr unvollkommen wiedergegeben. Nimmt man noch hinzu, dass die absoluten Werthe der Druckschwankung beim Tonographen *H* grösser sind als beim Tonographen *F*, nämlich beim letzteren 62, beim ersteren 70 mm Hg betragen, so tritt die Ueberlegenheit des Tonographen *H* noch deutlicher hervor.

Gibt man dem Excenter aber eine ähnliche Geschwindigkeit, wie in Fig. 1 b, so wird die Probecurve vom Tonographen *F* ganz entstellt registrirt. Ein Beispiel davon gibt Fig. 2 a, in welcher 4,5 Pulse auf 2 Sek. kommen, also immer noch nicht soviel, wie in Fig. 1 b. Alle scharfen Wendepunkte der Probecurve sind nunmehr verschwunden und von den Nebenwellen ist nichts zu sehen. Der Tonograph *F* ist also entfernt nicht im Stande, den an ihn gestellten Forderungen zu genügen, während der Tonograph *H* noch grössere erfüllt.

Die zweite vergleichende Prüfung wurde mittelst des Excenters vorgenommen, welcher die Curve des Carotispulses erzeugt; ihre Ergebnisse sind in Fig. 3 und 4 Taf. VII mitgetheilt. Fig. 3 zeigt die Prüfung des Tonographen *H*, bei welcher 6 Pulse auf 2 Sek. kommen, während bei der des Tonographen *F* in Fig. 4 in derselben Zeit nur 5 Pulse auftreten; der Tonograph *F* ist also im Vortheil gegenüber dem Tonographen *H*, da die auf ihn einwirkenden Druckschwankungen weniger rasch verlaufen, ausserdem ist er im Vortheil, weil diese Druckschwankungen weniger gross sind, als beim Tonographen *H*. Trotz alledem gibt das Tonogramm *H* ein ganz richtiges Bild der ursprünglichen Druckschwankung, während der Tonograph *F* den Curvengipfel abrundet, die erste secundäre Welle des absteigenden Schenkels überhaupt nicht und die zweite ungenau wiedergibt.

Ein ganz ähnliches Ergebniss hatte die Prüfung mittelst der

Curven des Radialispulses, so dass von einer Mittheilung derselben Abstand genommen werden kann.

Obwohl nun aus allen diesen Versuchen übereinstimmend hervorgeht, dass die Leistungsfähigkeit des Tonographen *F* ganz erheblich hinter der des Tonographen *H* zurücksteht, hielt ich es doch für angezeigt, noch eine weitere Form der Druckschwankung zur Prüfung der Tonographen zu verwenden, nämlich die Marey'sche Form des Kammerpulses und zwar aus folgendem Grunde: von Frey kommt immer wieder mit der Behauptung (S. 5), dass das Plateau der Kammerpulse auf eine fehlerhafte Lagerung des Katheters im Ventrikel zurückzuführen sei, obgleich der unzweideutige Nachweis von mir erbracht worden ist, dass man bei unverrückter Lage des Katheters nach Belieben einen Kammerpuls mit oder ohne Plateau erhalten kann, je nachdem man den Tonographen *H* oder *F* einschaltet [1]).

Diesen Versuch erwähnt aber von Frey bei der Frage, warum die Kammerpulse der anderen Autoren von den seinigen so sehr abweichen (S. 5), mit keiner Silbe, sondern schiebt ihn bei der „Besprechung einiger andern Prüfungsmethoden“ (S. 37) mit der Bemerkung zur Seite, dass durch ihn für die Richtigkeit der einen oder andern Curve zunächst gar nichts bewiesen sei. Dies ist auch vollkommen richtig und selbstverständlich und der Schluss, dass die Kammerpulse des Tonographen *H* und nicht die des Tonographen *F* die richtigen sind, wurde in meiner Arbeit auch nicht aus diesem Versuche, sondern aus dem erheblich geringeren Einstellungsvermögen des Tonographen *F* gezogen. Der Versuch beweist nur, dass die Unterschiede zwischen den Ventrikelpulsen von Frey's und den meinigen nicht auf eine verschiedene Lagerung des Katheters, sondern auf eine Verschiedenheit der Registrirapparate zurückzuführen sind.

Die Entscheidung für die Richtigkeit der einen oder anderen Pulsform soll nun nochmals durch vergleichende Prüfung beider Tonographen mittelst der von Frey als geeignet empfohlenen Methode in der Weise erbracht werden, dass untersucht wird, ob der Tonograph *F* künstlich erzeugte Pulse mit Plateau überhaupt darzustellen vermag. Zu dem Zwecke wurde ein Excenter hergestellt, welcher bei seiner Drehung Bewegungen von der Form

---

1) K. Hürthle, dies Arch. Bd. 49. S. 33.

der Marey'schen Kammerpulse erzeugt; diese wurden dann gleichzeitig auf die beiden Tonographen *F* und *H* übertragen, wie es die Skizze S. 323 zeigt.

Das Ergebniss dieser Prüfung ist in Fig. 5 Taf. VII mitgetheilt: unten ist die Curve des vom Excenter bewegten Hebels — die Probecurve — darauf folgt die Zeitschreibung ($^1/_5$ Sek.), darüber ist die Curve des Tonographen *H* und oben die des Tonographen *F*. An der Probecurve unterscheiden wir der Reihe nach einen aufsteigenden Schenkel, ein Plateau, einen absteigenden Schenkel und eine diastolische Linie; am Plateau und im absteigenden Schenkel finden sich einige unregelmässige Erzitterungen, welche davon herrühren, dass der aus Holz gefertigte Excenter keine genügend glatte und harte Oberfläche hatte; sie sind aber ohne Belang für die Beurtheilung des ganzen Versuchs.

Beim Vergleich der Tonogramme mit der Probecurve zeigt nun schon eine oberflächliche Betrachtung, dass der Tonograph *H* die Curve im Allgemeinen richtig, der Tonograph *F* aber entstellt wiedergiebt; im Einzelnen ergiebt der Vergleich folgendes:

1. Die Verspätung des Tonographen *F* ist annähernd 3 Mal so gross, wie die des Tonographen *H*, nämlich 0,011 Sek. beim Tonograph *H*, 0,031 Sek. beim Tonograph *F* (2. Puls), obgleich die Länge der übertragenden Röhren bei beiden Instrumenten dieselbe ist. Aehnliches hat L. Fredericq beobachtet.

2. Der aufsteigende Schenkel (4. Puls) erstreckt sich an der Probecurve über 0,023 Sek. (0—1) und wird in derselben Zeit (2—3) vom Tonograph *H* verzeichnet, allerdings mit einer kleinen Eigenschwingung am oberen Ende; die im Tonographen hierbei erzeugte Druckschwankung beträgt 81 mm *Hg* (ohne die kleine Zacke); das Instrument vermag also eine solche Druckschwankung in derselben Zeit, in welcher sie entsteht, mit unbedeutender Eigenschwingung darzustellen. Im Tonographen *F* wird durch dieselbe Bewegung eine Druckschwankung von nur 60 mm *Hg* erzeugt ($^3/_4$ von der des Tonographen *H*); trotzdem wird sie in der kurzen Zeit ihres Entstehens nicht registrirt, sondern der Tonograph braucht, um sich auf das Druckmaximum einzustellen, beinahe das 3 fache dieser Zeit (4—5), nämlich 0,06 Sek.; er ist also viel zu träge, um die verlangte Druckschwankung — 60 mm *Hg* in 0,023 Sek. — richtig darzustellen, ein Ergebniss, welches mit der

früheren Angabe von Frey's, dass sein Tonograph eine Einstellungsfähigkeit von 500 mm/Sek. besitze, gut übereinstimmt.

3. Aus dieser Trägheit des Tonographen *F* folgt ohne Weiteres, dass das in der Probecurve vorgeschriebene Plateau nicht wiedergegeben werden kann, da der Tonograph *F* eben einen wesentlichen, dem Plateau angehörenden Zeitraum zur Darstellung des aufsteigenden Schenkels verbraucht. Der Tonograph *H* verzeichnet ein Plateau von richtiger Länge.

4. Aehnlich verhalten sich die beiden Tonographen auch bei der Darstellung des absteigenden Schenkels, welcher an der Probecurve 0,04 Sek. einnimmt (0—1 Puls 5). Vom Tonographen *H* wird er in dieser Zeit (2—3) verzeichnet; vom Tonographen *F* dagegen (4—5) in 0,08 Sek. In der Mitte dieses Schenkels befindet sich eine kleine Nebenwelle, welche vom Tonographen *H* der Zeit, wenn auch nicht der Grösse nach richtig angegeben wird, während sie am Tonographen *F* spurlos vorübergeht.

5. Auch im diastolischen Theil des Pulses zeigt sich die grosse Trägheit des Tonographen *F* gegenüber *H*; vom ersteren wird die kurzdauernde Drucksenkung, welche dem absteigenden Schenkel folgt, in eine solche von längerer Dauer umgewandelt und die kleine praesystolische Welle gar nicht verzeichnet.

Für den Fall, dass von Frey der Ansicht ist, die beim vorhergehenden Versuche an die Tonographen gestellten Anforderungen seien zu gross und entsprechen nicht Werthen, wie sie bei der Untersuchung der Herzthätigkeit vorkommen, führe ich noch einen Versuch an, welcher zeigt, dass im Herzen des lebenden Thieres noch grössere Druckschwankungen vorkommen und so rasch ablaufen, dass der Tonograph *F* sich auf das systolische Maximum überhaupt nicht einzustellen vermag.

Mittelst Durchschneidung der Nervi vagi am Halse lassen sich in manchen Fällen Druckschwankungen von 180 mm *Hg* im linken Ventrikel erzielen, wobei die Pulsfrequenz sehr gross und die einzelne Systole sehr kurz ist. Will man sich in einem solchen Falle überzeugen, ob der Tonograph die systolischen Maxima richtig angiebt, so darf man nur den Herzkatheter in die Aorta zurückziehen und eine Reihe von Aortenpulsen registriren lassen. Die Maxima der letzteren müssen natürlich niedriger sein als die Maxima der Kammerpulse, da der Druck während der Austreibungsperiode in der Kammer höher ist, als in der Aorta. Ist dies nicht der

Fall, d. h. steigt der Druck beim Zurückziehen des Katheters noch über das Maximum der Kammerpulse hinaus an, so beweist dies, dass der Tonograph zu träge ist, um während der Systole sich auf das Maximum des Kammerpulses einzustellen. Die Einstellungsfähigkeit des Tonographen *F* reicht nun bei gewöhnlicher Systolendauer und mittlerem Druck aus, das Maximum des Kammerpulses anzuzeigen, bei hohem Druck und grosser Pulsfrequenz aber nicht mehr, wie Fig. 6 Taf. VII zeigt. Bei diesem Versuche war der Tonograph, wie gewöhnlich, mit der linken Kammer durch einen Katheter verbunden, welcher durch die Carotis und die Semilunarklappen eingeführt war. Beim Zurückziehen des Katheters überstiegen nun in wiederholten Versuchen die Maxima der Aortenpulse die der Kammerpulse bei Verwendung des Tonographen *F*, während der unmittelbar darauf verwendete Tonograph *H* die Maxima der Aortenpulse stets niedriger zeichnete, als die der Kammerpulse (s. Fig. 7 Taf. VII)[1]).

Fasst man die in den vorhergehenden Versuchen enthaltenen Thatsachen zusammen, so kommt man zu folgendem Urtheil über die Tonographen *F* und *H*.

1. Der Tonograph v. Frey's ist zur Registrirung von Druckschwankungen, wie sie im Kreislauf und speciell im linken Ventrikel des Hundes vorkommen, ein unbrauchbares Instrument; er ist viel zu träge, um den raschen, hier vorkommenden Druckschwankungen zu folgen und kann sie nicht einmal in ihren groben Umrissen, geschweige denn in ihren Einzelheiten richtig wiedergeben. Wie diese Trägheit im Besonderen die Kammerpulse entstellt, ist in der folgenden Skizze nach den Ergebnissen der beiden letzten Versuche schematisch dargestellt: Die ausgezogene Linie stellt die wirklich vorhandene Druckschwankung dar; die punktirte die Wiedergabe derselben durch den Tonograph *F*; dabei können wir mittlere (Fig. 2 *a*), geringe (*b*) und sehr grosse und rasch verlaufende Druckwerthe (*c*) unterscheiden. Bei den mittleren Druck-

1) Leider kann ich in diesem Falle die absoluten Werthe des Druckes und der Pulsfrequenz nicht angeben, da mir diese verloren gegangen sind und erinnere mich nur, dass beide sehr hoch waren; die Curven liegen schon seit 2 Jahren in meiner Sammlung und ich glaubte bisher, von einer Veröffentlichung derselben Abstand nehmen zu können, da ich die in der VI. Abhandlung beigebrachten Thatsachen für genügend hielt, die grössere Leistungsfähigkeit des Tonographen *H* zu beweisen.

werthen (a), bei welchen das Plateau des Kammerpulses meist einen aufsteigenden Verlauf nimmt, verbraucht der Tonograph zur

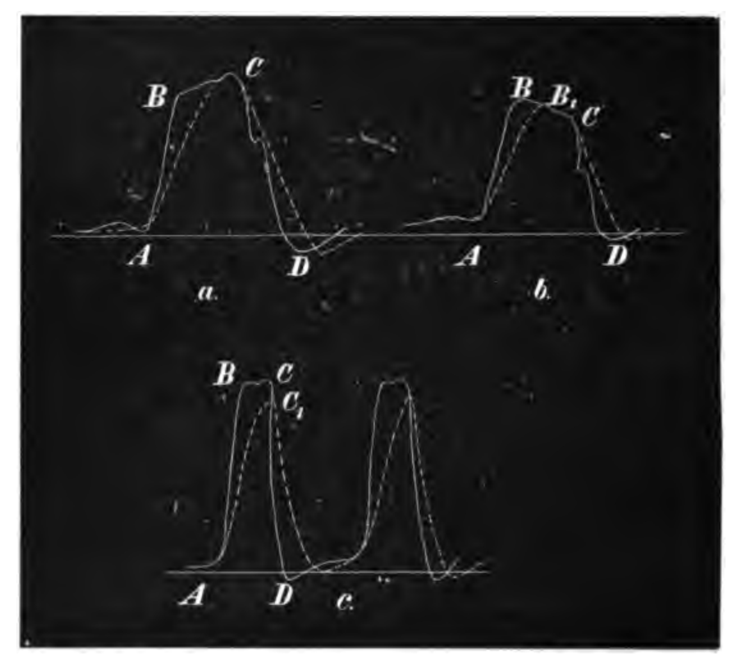


Fig. 2.

Einstellung auf den Gipfelpunkt die Zeit des aufsteigenden Schenkels und des Plateaus zusammen, so dass der Wendepunkt der Curve in B verloren geht. Ebenso kommt im absteigenden Schenkel eine Phasenverschiebung zu Stande, da dieser Theil gleichfalls nicht in der Zeit seines Entstehens dargestellt werden kann. Ist der Druck geringer (b), so wird auch der Fehler geringer; der Tonograph erreicht den wahren Druckwerth schon im Verlauf des Plateaus (B_1) und es entsteht dann durch das Umbiegen in den absteigenden Schenkel diejenige Form, welche von Frey neuestens als Kammerpuls mit Schulterbildung bezeichnet. Für die grossen und rasch verlaufenden Druckschwankungen (c) endlich reicht auch die Zeit des aufsteigenden Schenkels und des Plateaus zusammen nicht mehr aus, um die Einstellung auf das systolische Maximum zu ermöglichen und die beiden Curven schneiden sich erst im Verlauf des absteigenden Schenkels (in C_1); dies sind die Fälle, in welchen der Druck beim Zurückziehen des Katheters in die Aorta noch ansteigt.

2. Der Tonograph H ist im Vergleich zu F ein ganz erheblich leistungsfähigeres Instrument und für die im Kreislauf vorkommenden Druckschwankungen von genügender Einstellungsfähigkeit; denn er registrirt dieselben in der Zeit ihres Entstehens, also ohne Phasenverschiebung; im Uebrigen ist auch der Tonograph H kein ideales Registririnstrument; denn bei den grössten im Kreislauf vorkommenden Anforderungen zeigt das Tonogramm eine Eigenschwingung, die aber nicht so erheblich ist, dass der Charakter der Curve dadurch entstellt würde und vor allem auf einen Punkt beschränkt bleibt, nämlich auf den Gipfel des aufsteigenden Schenkels. Hier tritt eine Ueberschreitung des wahren Druckwerthes ein (s. Fig. 5 Taf. VII) veranlasst durch den Stoss der in den Tonograph übertretenden Flüssigkeit. Diese Eigenschwingung könnte zwar durch weitere Dämpfung des Tonographen vollkommen beseitigt werden, allein dann wird das Instrument, wie Porter in einer hier ausgeführten Untersuchung gezeigt hat[1]), für die Darstellung des absteigenden Schenkels zu träge, falls im Ventrikel erhebliche negative Druckwerthe vorkommen.

Zeichnen wir auch für diesen Tonograph die Fehler schematisch auf (Fig. 3), so besteht die Entstellung des wahren Druckverlaufs — ausgezogene Linie — in der punktirten Zacke, welche

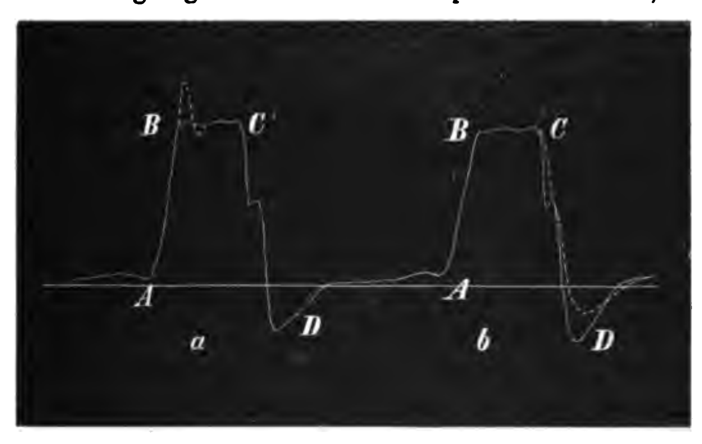


Fig. 3.

sich auf den Gipfel des aufsteigenden Schenkels B aufsetzt (Curve a). Wird diese Eigenschwingung durch Dämpfung beseitigt, so wird

1) W. T. Porter, Researches on the Filling of the Heart. Journ. of Physiology, 1892. Vol. XIII. S. 513.

der absteigende Schenkel in der aus *b* ersichtlichen Weise entstellt. Hervorzuheben ist aber noch, dass diese Entstellung nur bei grossen negativen Druckschwankungen vorkommt, bei normaler Herzthätigkeit aber nicht zu befürchten ist.

Ausser durch die praktische Prüfung hat nun v. Frey auch auf theoretischem Wege den Beweis für die genügende Leistungsfähigkeit seines Tonographen zu erbringen gesucht: in diesem Instrumente soll nämlich auch bei sehr grossen Druckschwankungen nur eine sehr kleine Flüssigkeitsverschiebung stattfinden, weil die im Tonographen eingeschlossene Luft Aenderungen ihrer Temperatur und in Folge dessen auch ihrer Elasticität erfahre; von Frey sah sich zwar inzwischen schon genöthigt, seine Angaben über die absoluten Werthe der Temperatur- und Elasticitätsänderung wegen „sehr erheblicher Rechenfehler" zurückzunehmen[1]), hält aber doch daran fest, dass die genannte Eigenschaft der Luft für die Wirkungsweise der Luftübertragung von Belang ist.

Die Frage, wie weit die Temperaturänderung der Luft bei grossen und raschen Druckschwankungen zur Verminderung der Flüssigkeitsverschiebung beiträgt, lässt sich nun durch einen einfachen Versuch mit Sicherheit entscheiden: man verbindet den wasserführenden Theil des Tonographen *F* mit einer kleinen Spritze, die gleichfalls mit Wasser gefüllt ist, entleert den Inhalt der letzteren in einigen Versuchen langsam, in anderen möglichst schnell in den Tonographen und registrirt die entstehende Druckänderung. In einem solchen Versuche wurde nun der Druck im Tonographen beim langsamen Eintreiben der Flüssigkeit von 0 auf 214 mm Hg gebracht, wobei 1 ccm Flüssigkeit übertrat; wurde nun dieselbe Flüssigkeitsmenge möglichst rasch entleert, nämlich innerhalb 0,06 Sek., so erreichte der Druck einen Werth von 243 mm Hg. Ein Beispiel dieses Versuches giebt Fig. 8 Taf. VII; die untere horizontale Linie stellt die Abscisse dar, darauf folgen die Zeitmarken mit 0,2 Sek. Abstand und oben eine der Abscisse parallele Linie, welche den Druckwerth von 200 mm Hg darstellt; die Curve zeigt den Druckablauf im Tonographen. Im Momente 0 wird der Spritzenstempel vorgetrieben; die Entleerung dauert 0,06 Sek. (bis 1) und dann wird der Tonograph sich selbst überlassen. Der Schreibhebel bleibt nun aber nicht auf seinem höchsten Punkte

1) Arch. f. (An. u.) Physiol. 1893 S. 204.

stehen, sondern sinkt, wenn wir die kleine Zacke am Ende des aufsteigenden Schenkels als Eigenschwingung unberücksichtigt lassen, auf den bei der statischen Aichung gefundenen Werth von 214 mm Hg zurück; dieses allmählige Absinken dauert 0,6 Sek. und ist ohne Zweifel darauf zurückzuführen, dass die Luft durch den Stoss eine Erwärmung und Erhöhung ihrer Spannung erfahren hat und nach demselben durch Wärmeabgabe eine geringere Spannung annimmt.

Durch diesen Versuch ist also die Behauptung von Frey's, dass die in seinem Tonographen sich verschiebenden Flüssigkeitsmengen bei raschen Bewegungen andere sind, als bei langsamen, sicher gestellt und wir müssen, wenn wir die Tonographen F und H in Bezug auf die Arbeit, welche der Blutdruck an ihnen zu leisten hat, vergleichen wollen, beim Tonograph F die für das bewegte Instrument gefundenen Werthe benützen. Der Tonograph F erfordert nun nach dem Vorhergehenden für eine rasch verlaufende Drucksteigerung von 243 mm Hg eine Flüssigkeitsverschiebung von 1000 cmm; oder für 100 mm Hg eine solche von $\frac{1000 . 100}{243} =$ 411 cmm. Vergleichen wir damit den Tonograph H, so erfordert derselbe zur Darstellung einer Druckschwankung von 100 mm Hg eine Verschiebung von 3—5 cmm, je nach der Stärke und Spannung der Membran, also über 80 Mal weniger als der Tonograph F; der letztere kann daher auch bei Berücksichtigung seines dynamischen Verhaltens nicht als ein Instrument mit geringer Flüssigkeitsverschiebung bezeichnet werden.

Eine andere Frage ist die, ob die in Rede stehende Eigenschaft — die adiabatische Erwärmung der Tonographenluft — ein Vortheil für das Instrument ist oder nicht. Wie aus Fig. 8 hervorgeht, zeigt der Tonograph nach dem Ablauf eines grösseren Druckwechsels noch Aenderungen des Druckes an, wenn keine äusseren Kräfte mehr auf ihn einwirken. Ein richtig registrirendes Instrument müsste nach dem Eintreiben des Spritzenstempels im Punkte 1 eine der Abscisse parallele Linie zeichnen; in der Curve des Tonographen F aber macht sich nach der Einwirkung der äusseren Kraft noch die Spannungsänderung der Tonographenluft geltend. Die Curve des Tonographen F ist also der Ausdruck zweier Vorgänge, eines äusseren, in der auf den Tonographen einwirkenden Bewegung und eines inneren, in der Spannungsänderung

der Luft bestehenden. Beide entstehen zwar gleichzeitig (im Zeitraum 0—1 der Fig. 8), allein die der adiabatischen Erwärmung folgende Abkühlung und die damit verbundene Spannungsabnahme kommt zeitlich getrennt von der ersten Bewegung zum Ausdruck, wie Fig. 8 zeigt. Bei raschen Druckschwankungen müssen die primäre und secundäre Wirkung sich beständig auf einander legen und es kann daher auch aus diesem Grunde, abgesehen von der Trägheit des Tonographen, eine rasche Druckschwankung nicht richtig wiedergegeben werden. Ich kann mich daher der Ansicht von Frey's, dass die Luft sich „dem Ideal eines Uebertragungsmittels nähert", nicht anschliessen.

Da die vorhergehenden Versuche gezeigt haben, dass erstens die Leistung des Tonographen *H* erheblich grösser ist als die des Tonographen *F* und zweitens die Flüssigkeitsverschiebung im Tonographen *F* auch bei Berücksichtigung seines dynamischen Verhaltens erheblich grösser ist als im Tonographen *H*, so liefern auch diese Versuche wieder einen Beweis für die Richtigkeit des von mir aufgestellten Satzes, dass die Ermittelung der Flüssigkeitsmenge, welche das Manometer zur Ausgleichung einer bestimmten Druckdifferenz erfordert, das wichtigste Kriterium für die Leistungsfähigkeit des Apparates abgiebt und dasjenige Manometer das beste ist, an welchem der Blutdruck die kleinste Arbeit zu leisten hat. Dieser Satz kann doch wohl nicht, wie von Frey meint, „als eine richtige Auslegung der bereits von Mach für Pulsschreiber im Allgemeinen aufgestellten Forderung einer grossen corrigirenden Spannung" aufgefasst werden, da Arbeit und Spannung zwei verschiedene Begriffe sind. Das beste praktische Beispiel dieser Verschiedenheit geben die beiden in Untersuchung stehenden Tonographen. Trotzdem beide in der Gummimembran bezw. Stahlfeder eine grosse corrigirende Spannung besitzen, ist doch die Arbeit, welche der Blutdruck an ihnen zu leisten hat, eine sehr verschiedene, nämlich viel grösser beim Tonographen *F* als beim Tonographen *H*.

Ein weiterer Punkt, mit welchem ich mich nicht einverstanden erklären kann, sind die Erörterungen von Frey's über die Dämpfung des Tonographen *H*; mit diesem Ausdruck habe ich die Einschaltung eines Widerstandes zwischen Manometer und den zu registrirenden Druckablauf bezeichnet, welche den Zweck hat, die Stosswirkung der ins Manometer übertretenden Flüssigkeit zu be-

seitigen[1]). Von Frey schliesst nun seine Erörterungen über die Dämpfung mit folgender Bemerkung ab (S. 47.): „So wenig es nun jemand einfallen wird, ein aperiodisches Galvanometer zur Darstellung einer Stromschwankung ihrer Form nach zu verwenden, so wenig kann ein durch Reibung gedämpfter Tonograph als Pulsschreiber gelten.“ Auf dieses Urtheil gebe ich folgende Antwort: Ganz gewiss lässt sich ein aperiodisches Galvanometer zur Darstellung einer Stromschwankung ihrer Form nach verwenden, nämlich in allen denjenigen Fällen, in welchen die zur Einstellung des Galvanometers nöthige Zeit kürzer ist, als die Dauer der Stromschwankung. Ist nur diese Bedingung erfüllt, so ist das gedämpfte Galvanometer ein zuverlässiges Instrument zur Registrirung der Form einer Stromschwankung. Ganz dasselbe gilt für den Tonographen und die Bemerkungen von Frey's über die Dämpfung enthalten absolut nichts, was gegen die Verwendbarkeit derselben sprechen würde.

Wenn ferner von Frey das Verfahren der Dämpfung willkürlich nennt und hierfür die Herzpulse Porter's[2]) anführt, die bei verschiedener Dämpfung eine verschiedene Gestalt annehmen, so übersieht oder verschweigt er hiebei, dass der Porter'sche Versuch eben den Zweck hatte, den Einfluss der Dämpfung auf die Darstellung der Maxima und Minima des Kammerpulses kennen zu lernen und durch anderweitige Hilfsmittel (Anwendung von Ventilmanometern) zu entscheiden, welche von den erhaltenen Formen als die richtige zu betrachten ist.

Der Grad der Dämpfung ist allerdings für verschiedene Zwecke ein verschiedener, aber nicht willkürlich; denn er lässt sich nach bestimmten Gesichtspunkten feststellen und prüfen:

Man schaltet zunächst einen Widerstand von bestimmtem Werthe ein; das geschieht durch Auswahl eines Capillarrohrs von bestimmten Dimensionen oder durch Benutzung eines an den Tonographen neuester Construction mit dem Hahn verbundenen Anschlags, der eine bestimmte Hahnstellung festzuhalten ermöglicht. Mit diesen Mitteln lässt sich ein Tonograph von genau bestimmter Leistungsfähigkeit herstellen, welcher beispielsweise eine Druckschwankung von 150 mm Hg innerhalb 0,05 Sek. ohne Eigen-

1) S. Abh. IV. dies Arch., Bd. 47. S. 13.

2) W. T. Porter, l. c. Fig. 4.

schwingung zu registriren vermag. Es bleibt dann nur im einzelnen Falle zu untersuchen, ob die Einstellungsfähigkeit des Tonographen genügt, oder ob sie für den vorliegenden Zweck zu klein ist. Diese Untersuchung lässt sich auf verschiedene Weise ausführen. Da beim Tonographen *H*, wie wir oben gesehen haben, die Gefahr einer fehlerhaften Darstellung auf zwei Punkte beschränkt ist, nämlich auf das Ende des aufsteigenden und des absteigenden Schenkels, so wird zur Controle in den meisten Fällen die Anwendung eines Maximum- und Minimum-Manometers genügen. In anderen Fällen muss man die erhaltenen Curven mit denen eines Instrumentes von nachweisbar grösserer Leistungsfähigkeit vergleichen; dies ist z. B. der Tonograph *H* bei Verkleinerung des Durchmessers seiner Membran verbunden mit entsprechend schwächerer Hebelvergrösserung[1]), oder das Trommelsphygmoskop[2]). Mit diesen Mitteln wird es in allen Fällen möglich sein, sich über die Zuverlässigkeit der Angaben des Tonographen und den richtigen Grad der Dämpfung ein Urtheil zu verschaffen.

Der letzte Punkt meiner Erwiderung wendet sich gegen das abfällige Urtheil, welches von Frey über die von mir angegebenen und von Porter benützten Membranventile abgegeben hat; diese Ventile sollen mit einem Fehler von 30% arbeiten und von Frey gibt dafür folgende Erklärung (S. 39): „Der Grund dieser Erscheinung liegt in der Unvollkommenheit der Kautschukventile. Die verschliessende Membran wird in die Oeffnung hineingedrückt; vor Oeffnung des Ventils muss daher stets eine Arbeit geleistet werden, um den todten Gang des Instruments zu überwinden." Auf diese Darlegung habe ich nun folgendes zu erwidern: Dass bei der Herstellung der Ventile dafür Sorge getragen werden muss, dass die Membran nicht in die Oeffnung des Ventils hineingedrückt wird, war für mich von jeher selbstverständlich und lässt sich bei den Ventilen dieser Construction leicht ausführen: Braucht man relativ grosse Ventile d. h. solche von mehr als 1 mm Oeffnung, so klebt man auf die abschliessende Membran ein Plättchen von Aluminiumblech, welches etwas grösser ist als die Oeffnung und das Eingedrücktwerden der Membran verhindert. Bei den kleineren Ventilen, von 1 mm Oeffnung und darunter, wie sie Porter in der von Frey angezogenen Arbeit gebraucht und

1) s. dies Arch. Bd. 47 S. 14.

2) Ebenda, Bd. 53 S. 325.

auch abgebildet hat, ist diese Vorsicht gar nicht nöthig und ich will den Beweis dafür durch den folgenden Versuch beibringen; in diesem wurde eines der von Porter benützten Ventile, in deren Besitz ich noch bin, verwendet; dasselbe hat eine Oeffnung von 0,6 mm.

Die starkwandige Flasche *F* (s. die folgende Skizze) wurde durch die Wasserleitung bis zu einer gewissen Höhe gefüllt, wobei

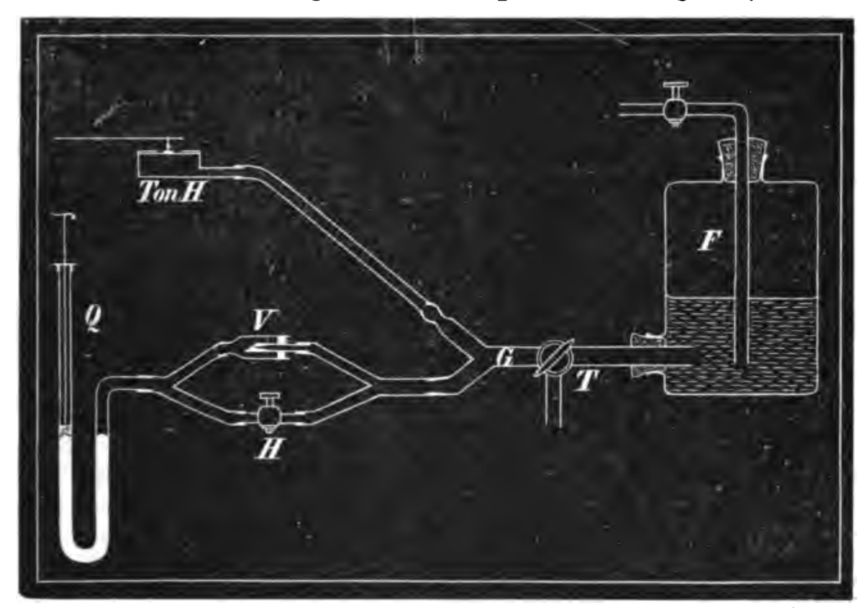


Fig. 4.

im Innern ein Druck von etwa 130 mm Hg entstand. Der Inhalt der Flasche wurde nun durch das Gabelrohr *G* mit dem Tonographen *H* einerseits und dem *Hg*-Manometer andrerseits verbunden; zum letzteren führte ein doppelter Weg, nämlich oben durch das Ventil *V*, das als Maximum-Ventil wirkte, unten durch den Hahn *H*; dieser Weg konnte durch Hahnschluss verlegt werden. Zwischen Druckflasche und Gabelrohr war ferner ein Dreiweghahn *T* eingeschaltet, welcher erlaubte, die beiden Manometer abwechselnd mit der Druckflasche und der atmosphärischen Luft in Verbindung zu setzen. Die Manometer wurden nun ans Kymographion gebracht und rythmisch dem Flaschen- und Atmosphärendruck ausgesetzt, wobei der Hahn *H* geschlossen war. Fig. 9 Taf. VII zeigt die bei diesem Versuche entstandenen Curven, photographisch auf die Hälfte der natürlichen Grösse verkleinert; in

der unteren, vom Tonographen *H* gezeichneten Curve kommen die Druckschwankungen zum Ausdruck, welche durch die rythmische Drehung des Dreiweghahns im Gabelrohr *G* veranlasst wurden und auf die beiden Manometer einwirkten. Die obere Curve *V-Hg* zeigt das sprungförmige Ansteigen des Ventilmanometers, dessen Stufen mit steigendem Druck kleiner werden; die Abscisse des Tonographen *H* ist zugleich die des *Hg*-Manometers. Sobald nun der Druck des *Hg*-Manometers bei der Drehung des Dreiweghahns kein weiteres Ansteigen mehr erkennen liess, wurde der Hahn *H* geöffnet und zwar bei der Stellung des Dreiweghahns, welche die Manometer mit der Flasche verbindet. Der Moment der Hahndrehung wurde gleichzeitig durch einen Gehilfen auf dem Kymographion markirt (Marke *M* Fig. 9). Die Oeffnung des Hahns hatte nun, wie Fig. 9 zeigt, in keinem Falle der zahlreich wiederholten Versuche ein weiteres Ansteigen des Druckes zur Folge und dies beweist, dass das *Hg*-Manometer sich mit Hilfe des Ventils auf das Maximum des Druckes eingestellt hat und demgemäss auch ohne nachweisbaren todten Gang arbeitet. Dieser Versuch dürfte genügen, Herrn von Frey davon zu überzeugen, dass seine abfällige Kritik meiner Ventile unbegründet ist und dass kein Grund vorliegt, die Ergebnisse der Porter'schen Versuche zu verdächtigen.

Lässt man die Ventile in Quecksilber arbeiten, wie das bei dem von mir beschriebenen Maximum- und Minimum-Quecksilber-Manometer der Fall ist (Abh. I), so erhält man allerdings leicht ein kleines Deficit, wenn Quecksilber und Ventile nicht vollkommen rein sind. Es empfiehlt sich daher, die Ventile in Wasser arbeiten zu lassen, wie dies auch Porter gethan hat.

Obwohl sich in den beiden Abhandlungen von Frey's noch manches findet, was den Widerspruch des Lesers hervorruft, scheint es mir doch überflüssig, auf weitere Punkte einzugehen. Denn was soll man z. B. zu dem Ausspruch sagen (S. 15), „dass die Kammerpulse Marey's überhaupt kein Plateau besitzen". Diese Behauptung gründet von Frey auf den Nachweis, dass das Plateau bei einigen derselben sehr steil ansteigt; allein bei andern Kammerpulsen Marey's hat dasselbe einen ganz horizontalen Verlauf. Derartige Behauptungen werden auch ohne besondere Erwiderung bei den Fachgenossen die richtige Beurtheilung erfahren.

(Aus dem physiologischen Institut zu Breslau.)

Bemerkungen zu einer Angabe von Engelmann, betreffend den Einfluss der Wärme auf den todtenstarren Muskel.

Von

Emil Gotschlich,
cand. med.

In seiner, Anfangs dieses Jahres erschienenen Abhandlung: „Ueber den Ursprung der Muskelkraft" giebt Engelmann an, dass wärmestarre Muskeln sich bei Erwärmung verkürzen, bei Abkühlung wieder verlängern. Durch diese Beobachtung glaubt Engelmann ein nothwendiges Postulat seiner Theorie erfüllt. In der zweiten Auflage dieser Schrift findet sich der bezeichnete Punkt noch nachdrücklicher hervorgehoben; unter anderem ist dort ausgeführt, „dass die als Sitz der verkürzenden Kräfte zu betrachtenden kleinsten Theilchen im Muskel überhaupt nicht wärmestarr werden, vielmehr ihr Verkürzungsvermögen noch bei Temperaturen behalten, bei denen der Muskel als Ganzes augenblicklich „stirbt" (l. c. p. 11). Engelmann hält also die thermische Verkürzungsfähigkeit für ein nothwendiges und constantes Attribut des starren Muskels.

Nun habe ich in meiner jüngst erschienenen Schrift: „Ueber den Einfluss der Wärme auf Länge und Dehnbarkeit des elastischen Gewebes und des quergestreiften Muskels" es gerade als verlässlichstes Kriterium des wärmestarren Muskels hingestellt, dass er sich bei Erwärmung bis 45—50° nicht mehr verkürzt[1]); und auch bei weiterer Erwärmung konnte ich nur bei etwa 75° eine irreparable Gerinnungsverkürzung, nie aber das von Engelmann geschilderte Phänomen sehen. Meine Abhand-

---

1) Pflüger's Archiv. Bd. 54. p. 124 f.

lung war nahezu vollendet, als mir die Angabe dieses Forschers zu Gesicht kam; und so war es mir damals nicht möglich, den dargelegten Widerspruch zu discutiren. Nunmehr aber habe ich, besonders veranlasst durch die bezüglichen theoretischen Ausführungen Engelmann's in der zweiten Auflage, meine Beobachtungen nachgeprüft und erlaube mir, die experimentellen und theoretischen Resultate, zu denen ich in dieser Frage gelangt bin, im Folgenden mitzutheilen, womit, wenn ich nicht irre, der obige Widerspruch aufgelöst ist. — Als Versuchsobject diente der frische Sartorius des Frosches; die Belastung betrug constant 4 gr. Die übrige Anordnung war dieselbe wie in meinen früheren Versuchen.

1. Bei Erwärmung des frischen Muskels bis 40—50 ° tritt Starre ein; die Verkürzung erreicht ihr unüberschreitbares Maximum; weitere Erwärmung vermag den Verkürzungsgrad nicht zu erhöhen, sondern bewirkt sogar eine deutliche Verlängerung; Abkühlung bewirkt keine Verlängerung.

2. Erneute Erwärmungen bis 45° und sogar bis 60° bewirken keine Spur weiterer Verkürzung, sondern sogar eine merkliche Verlängerung, was wahrscheinlich auf einer Vergrösserung der Dehnbarkeit des starren Muskels durch Erwärmung beruht; Abkühlung bewirkt keine Rückkehr zur ursprünglichen Länge.

3. Erst Erwärmung über 60°, meist sogar erst über 70°, bewirkt eine nochmalige deutliche Verkürzung, die bei Abkühlung nur theilweise zurückgeht, theilweise aber dauernd fortbesteht. Letzteres beweist, dass hier eine irreparable Schrumpfung, wahrscheinlich durch Gerinnung des Serumeiweiss, vorliegt; ersteres deutet an, dass ausser dieser Gerinnungs-Verkürzung bei der Erwärmung gleichzeitig noch eine zweite stattfindet, die bei der Abkühlung spontan zurückgeht. Diese zweite Verkürzung wird später ihre Erklärung finden.

4. Jetzt erst verhält sich der Muskel gegen erneute thermische Einwirkungen so, wie es Engelmann beschreibt; er verkürzt sich bei Erwärmung und verlängert sich bei Abkühlung; jedem Temperaturgrad entspricht ein bestimmter Verkürzungsgrad; das Phänomen ist beliebig oft, auch noch nach 15 Stunden, wiederholbar. Hauptsächlich ist zu betonen, dass die Längenänderungen nun schon bei Temperaturen erfolgen, die weit unter 70° liegen und die vor-

hin, vor der unter 3. beschriebenen Gerinnung, gänzlich wirkungslos geblieben waren.

Zum Beweise dieser Sätze dienen die im Anhange beigegebenen Versuchsbeispiele. Dieselben befinden sich auch mit den von Engelmann selbst (l. c. p. 70 f.) angeführten Versuchen in guter Uebereinstimmung; auch dort erfolgte bei Erwärmung des todtenstarren Muskels bis 68,5° bezw. 65° bezw. 75° keine Verkürzung, sondern eine Verlängerung; die Anfangstemperaturen lagen stets „ziemlich hoch über dem zur Wärmestarre genügenden Wärmegrad.“ Diese letztere Thatsache nun ist nach der Auffassung von Engelmann, wonach das Phänomen ein Beweis für das Fortbestehen des Verkürzungsvermögens der inogenen Theilchen über die Wärmestarre des ganzen übrigen Muskels hinaus sein soll, nicht verständlich; hiernach müsste vielmehr die Anfangstemperatur der zu besprechenden Verkürzung mit der Erstarrungstemperatur zusammenfallen. Die Thatsachen scheinen mir folgende Deutung zu fordern.

Wenn der wärmestarre Muskel bei erneuter Erwärmung bis 60° sich nicht verkürzt, sondern verlängert, so beweist dies doch, dass er eine ihm vorher zukommende Eigenschaft, die thermische Reaktionsfähigkeit, verloren hat. Wenn er nun bei höherer Erwärmung zunächst eine nochmalige Gerinnung erfährt und sich dann erst im Engelmann'schen Sinne verhält, so beweist dies, dass dieses neue Verhalten durch die neue Gerinnung erst erworben wurde, also keine integrirende Eigenthümlichkeit des todten Muskels und noch viel weniger einen die Starre überdauernden Ueberrest der Eigenschaften des lebenden Muskels darstellt. Hiernach erklärt sich nun auch das oben unter 3. dargelegte Phänomen, dass zugleich mit der Gerinnungsverkürzung noch eine physikalische Längenänderung stattfindet; diese letztere ist offenbar als Resultat der Einwirkung der Wärme auf die bereits geronnenen Theile des Muskels aufzufassen und demnach identisch mit der unter 4. geschilderten Engelmann-schen Verkürzung. Auch diese Thatsache ist sehr geeignet, den direkten nothwendigen Zusammenhang des letzteren Phänomens mit einer erneuten postmortalen Gerinnung zu beweisen.

Die Bündigkeit unserer Schlüsse wird noch verstärkt, wenn

man die grundsätzliche Verschiedenheit des hier zu besprechenden offenbar rein physikalischen Vorganges von der thermischen Dauerverkürzung[1]) ins Auge fasst; beide Erscheinungen haben offenbar mit einander nichts gemeinsam.

Es liegt endlich auch kein Anhaltspunkt vor, die Verkürzung des bei 70° geronnenen Muskels den contractilen Elementen zuzuschreiben; im Gegentheil ist sie wahrscheinlich gar keine specifische Eigenthümlichkeit des Muskels, sondern ihm mit anderen Geweben, die eine „Sehnenverkürzung“[2]) zeigen, gemeinsam; in der That findet sich beim geronnenen Lig. nuchae eine ganz analoge Erscheinung[3]).

Das Postulat der Theorie Engelmanns über die Entstehung der Muskelkraft, dass das thermische Verkürzungsvermögen die Starre überdauern muss, ist also nicht erfüllt, wodurch dieser Theorie nicht unerhebliche Schwierigkeiten erwachsen; dass der gerinnungsstarre Muskel durch weitere Veränderungen ein anderes, neues Verkürzungsvermögen erwerben kann, ist natürlich hierfür ganz irrelevant. —

Die hier besprochenen Thatsachen erheischen eine Aenderung meiner früher gegebenen Begriffsbestimmung der Starre[4]), worin ich die thermische Reaktionslosigkeit schlechthin als Kriterium aufstellte; diese Definition ist aber unzutreffend für den bei 70° geronnenen Muskel; ausserdem erscheint es geboten, für die beiden grundsätzlich verschiedenen Zustände, welche der starre Muskel zeigt, je nachdem er nur auf 40—50° oder auf 70° erwärmt war, auch einen festen Unterschied in der Benennung einzuführen. Der erstere Zustand trägt von jeher den treffenden Namen „Todtenstarre“, weil er in der That identisch mit dem durch spontanes Absterben des Muskels erreichten Zustand zu sein scheint; für den zweiten wäre etwa der Name „Eiweissstarre“ vorzuschlagen. Die Bezeichnung „Wärmestarre“, die ich früher synonym mit Todtenstarre gebrauchte, möchte ich dagegen ganz fallen lassen; sie ist unnöthig und könnte ausserdem, weil mit gleichem Rechte auf die Eiweissstarre anwendbar, zu Missverständnissen

1) Pflüger's Archiv. Bd. 54. S. 128 ff.
2) Ebenda Bd. 7. S. 477 ff.
3) Ebenda Bd. 54. S. 117.
4) Ebenda Bd. 54. S. 125 f.

Anlass geben. Beide Zustände, Todtenstarre und Eiweissstarre, gehören unter den gemeinsamen Begriff der „Starre", d. h. des völligen Fehlens aller Lebenseigenschaften des Muskels. Demnach gelten folgende Definitionen:

1. Starr oder todt im allgemeinsten Sinne des Wortes ist der Muskel, wenn er keine thermische Dauerverkürzung mehr zu bilden vermag.

2. Todtenstarr im engeren Sinne des Wortes ist der Muskel, wenn er bei Erwärmung bis 60° sich nicht verkürzt.

3. Eiweissstarr ist der Muskel, wenn er sich, analog dem Lig. nuchae, bei Erwärmung verkürzt, bei Abkühlung verlängert.

Versuchs-Beispiele.

Tabelle I.

Sartorius.

Ablesungszeit	Temperatur	Verkürzung in cm Verg. 7,5
8. VI.		
12h4'	18°	0
12 5 1/2'	50	8,4
12 6'	55	7,6
12 7'	28	7,2
12 10'	17	7,2
12h11'	56°	7,2
12 14'	18	7,2
12h15 1/2'	56°	7,2
12 20'	18	7,2
12h20 1/2'	50°	7,2
12 20 3/4'	60	7,4
12 21 1/4'	70	8,2
12 22'	80	9,3
12 23'	86	9,3
12 25'	60	8,5
12 30'	20,5	8,2
12h30 1/2'	60°	8,4
12 30 3/4'	70	8,5
12 31'	60	8,4

Ablesungszeit	Temperatur	Verkürzung in cm Vergr. 7,5
12h35'	21,5°	8,1
12h35 1/2'	30°	8,2
12 36'	50	8,4
12 37'	70	8,9
12 38'	53	8,5
12 39'	39	8,4
12 40'	17,5	8,2
12h47 1/2'	40°	8,4
12 48'	70	9,0
12 49'	88	9,1
12 50'	85	9,0
12 52'	40	8,4
12 56'	22	8,3

Tabelle II.

Sartorius.

Ablesungszeit	Temperatur	Verkürzung in cm Vergr. 7,5
8. VI.		
4h23'Nachm.	17,5°	0
4h24¼'	55	8,5
4 24½'	62	7,4
4 26'	42	7,2
4 29'	24	7,2
4h30'	52°	7,1
4 33'	23,5	7,1
4h34½'	61°	6,9
4 38'	23,5	6,7
4h38½'	50°	6,6
4 39'	65	6,6
4 39½'	80	7,1
4 40½'	83	7,2
4 45'	26	6,8
4h50'	20,5°	6,8
4 50½'	60	6,9
4 51'	70	7,2
4 52'	80	7,4
4 53'	50	7,1
4h56'	20°	7,0
4h56½'	50°	7,1
4 57'	62	7,3
4 59'	80	7,5
5 3'	23	7,1
9. VI.		
8h42'	17°	7,0
8 43'	40	7,05
8 44'	65	7,3
8 45'	60	7,25
8 50'	18	7,1

Tabelle III.

Sartorius.

Ablesungszeit	Temperatur	Verkürzung
9. VI.		
9h4'	14°	0
9 5'	20	0
9 6'	35	1,2
9 7'	40	7,2
9 7½'	42	12,8
9 8'	45	12,4
9 8½'	49	12,2
9 9'	45	12,1
9 13'	17	12,1
9h14'	38°	12,1
9 15'	45	12,0
9 16'	50	11,9
9 17'	51	11,7
9 21'	20	11,5
9h23'	58,5°	11,2
9 28'	19	11,2
9h29'	42°	11,15
9 30'	62	11,3
9h39'	60°	11,3
9 40'	70	12,0
9 43'	79	12,5
9 45'	81	12,5
9 52'	19	12,1
9h53'	40°	12,15
9 57'	77	12,5
9 58'	60	12,3
10 5'	18	12,0
10h7'	58°	12,3
10 12'	75	12,5
10 14'	50	12,3
10 22'	19	12,1
10h25'	65°	12,3
10 27'	79	12,5
10 29'	51	12,3
10 32'	18	12,1

(Physiologisches Laboratorium in Bonn.)

Ueber die elementare Zusammensetzung des Ochsenfleisches.

Von

P. Argutinsky.

Es ist eine merkwürdige Thatsache, dass unsere Kenntniss einer der wichtigsten Fragen der Ernährungsphysiologie, die der elementaren Zusammensetzung des Fleisches, noch immer eine sehr unvollständige ist. Wenn wir von den älteren Angaben absehen, so ist diese Frage in den letzten Jahren nur von wenigen Forschern und man kann sagen, nicht eingehend genug behandelt worden.

Die bis jetzt vorhandenen Elementaranalysen des Fleisches sind sehr gering an der Zahl und weichen beträchtlich von einander ab. Wir wissen nicht, ob die verschiedenen Muskeln desselben Thieres, oder die gleichen Muskeln verschiedener zu derselben Species gehörender Thiere eine übereinstimmende Elementarzusammensetzung haben, und ob etwa Ernährungsweise resp. Hungerzustand, die Ruhe und die Arbeit die Zusammensetzung des Muskels beeinflussen. Vor Allem aber fehlt uns eine Methode, die Muskelsubstanz möglichst ohne Aenderung ihrer Zusammensetzung zur Elementaranalyse vorzubereiten.

Die nachfolgende Untersuchung bildet einen Theil einer Versuchsreihe, die zur Beantwortung der oben angeführten Fragen unternommen wurde, und sucht zwei Aufgaben zu erledigen: 1) eine Methode der Muskeluntersuchung auszuarbeiten und 2) die Zusammensetzung des Fleisches beim Ochsen resp. Kuh festzustellen.

Methode der Muskeluntersuchung.

Es handelt sich bei unserer Aufgabe um die Ermittlung des Gehaltes der Fleischsubstanz an N, C, H, O und um die Bestim-

mung der Fleischasche, wobei es selbstverständlich erforderlich ist, stets mit möglichst unverändertem Fleische zu arbeiten. Namentlich kommt es darauf an, dass die Ergebnisse der organischen Elementaranalyse die Verhältnisse der ganz frischen Fleischsubstanz auch nach stattgehabter vorbereitender Bearbeitung des Fleisches genau wiedergeben.

Bei der ersten Ueberlegung könnte es scheinen, als ob es am vortheilhaftesten wäre, die analytische Untersuchung unmittelbar an frischem Fleische vorzunehmen. Indessen bei genauer Prüfung ist diese Annahme durchaus zu verwerfen. Denn die Bestimmung des Kohlenstoffgehaltes direct im frischen Fleische muss immer fehlerhaft sein und zwar aus folgenden Gründen:

1. Da das Fett einen beinahe 7fach höheren Kohlenstoffgehalt besitzt als das frische Fleisch selbst, so beeinflusst die nicht zu vermeidende geringe Fettbeimengung sehr bedeutend die analytischen Resultate und dieses um so mehr, da aus praktischen Gründen nur kleine Mengen, höchstens 1,0—1,5 Gramm frischen Fleisches zur Analyse verwendet werden können. Dass gerade in diesen so geringen Quantitäten Fleisches jedesmal die Durchschnittsmenge des dem Fleische beigemengten Fettes enthalten sein sollte, schien sehr unwahrscheinlich und ist auch, wie die Analysen mir ergeben haben, thatsächlich nicht der Fall.

2. Ausserdem aber ist das zur Ausführung der Analyse nothwendige feine Zerschneiden so kleiner abgewogener Quantitäten frischen Fleisches ohne empfindlichen Verlust an Substanz und dadurch bedingte Ungenauigkeiten der analytischen Ergebnisse kaum möglich.

Ferner ist eine genaue Bestimmung des Wasserstoffgehaltes der Fleischsubstanz durch die elementare Analyse frischen Fleisches und nachträgliche Feststellung seines Wassergehaltes ebenfalls kaum zu erreichen.

Sogar die Bestimmung des N-Gehaltes im Fleische nach Kjeldahl-Wilfarth (welche Methode den Vortheil darbietet, die Verwendung grösserer Fleischquantitäten zur Analyse zu gestatten) giebt, angewandt bei frischem Fleische, keine so durchaus übereinstimmende Zahlen, als nach vorhergegangener Trocknung und Entfettung.

Nachdem es sich herausgestellt hatte, dass nothwendig mit dem getrockneten Fleische gearbeitet werden muss, habe ich verschie-

dene Wege zur Trocknung des Fleisches eingeschlagen. Dem Trocknen aber, nachdem das Fleisch von sichtbaren Beimengungen von Fett und Sehnen nach Möglichkeit befreit war, musste natürlich jedesmal die Zerkleinerung vorhergehen.

Selbstverständlich ist das feine Zerschneiden des Fleisches mit der Scheere und dem Messer bei grösserer Fleischmenge zu mühsam und zu langwierig und lässt das Ziel nur sehr unvollkommen erreichen.

Wie ich mich durch vielfache Analysen überzeugt habe, eignet sich für unsere Zwecke auch die Zerkleinerung des Fleisches mit den sogenannten Hackmaschinen durchaus nicht. Man mag noch so vorsichtig mit der Maschine verfahren, sie schneidet nicht nur, sondern presst zugleich und quetscht, wodurch dem zerkleinerten Fleische stets der ausgepresste Fleischsaft und zwar ungleichmässig vertheilt beigemengt ist, während in der Hackmaschine ausser Sehnen noch ausgepresstes Fleisch zurückbleibt.

Allen Anforderungen für unsere Zwecke genügt das sorgfältige Zerkleinern des Fleisches mit einem scharfen Hackmesser auf einem glatten harten Holzbrett (Buchenholz)[1]), was sehr rasch vor sich geht (in etwa 5 Minuten) und einen Brei von ausserordentlicher Gleichmässigkeit und Feinheit liefert. Der feingeschnittene Fleichbrei verändert sich sehr schnell — säuert, verfärbt sich und fault — ausserdem sickert schon nach wenigen Stunden Fleischsaft aus den oberen in die unteren Breischichten und der Brei wird ungleich. Aus diesen Gründen ist es nothwendig, dass der Zerkleinerung sofort die Trocknung folge und diese nach einer Methode geschehe, die ein rasches Trocknen des Fleischbreis ermöglicht.

1. Das Trocknen und Entfetten des Fleisches.

Das Trocknen bei Zimmertemperatur, sowohl frei in der Luft als im Exsiccator über Schwefelsäure erwies sich, wie es zu erwarten war, als ganz unbrauchbar. Das Trocknen geht dabei so langsam, dass der Fleischbrei in allen meinen hierhergehörigen Versuchen stellenweise verfaulte und mit einer dem Auge sichtbaren Pilzvegetation

1) Das Brett wird jedesmal vor Gebrauch glatt gehobelt.

sich bedeckte, auch einen widerlichen, säuerlichen Geruch entwikkelte. Erst nach mehreren Tagen trocknete er zu einem festen, dunkelverfärbten Kuchen, der so hart und dabei so zähe war, dass er sich auf keine Weise pulvern liess.

Hierauf versuchte ich das Trocknen bei höherer Temperatur. Ich habe den Fleischbrei in ganz dünner Schicht auf einer glasirten Blechpfanne ausgebreitet und die letztere durch lebhaften Dampfstrom erhitzt, der in einem von der Pfanne bedeckten Wasserbehälter entwickelt wurde. Das Fleisch veränderte sehr schnell seine Farbe, (sah wie abgebrüht aus), dampfte längere Zeit und verbreitete einen intensiven Geruch. Ein in den dampfenden Fleischbrei eingelegter feiner Thermometer zeigte 90 bis 92° C. In einigen Stunden war der Brei getrocknet, hatte nun eine dunkelbraune Färbung, zeigte sich sehr brüchig, spröde und liess sich gut zu einem groben, braunen Pulver zerreiben. Da ich nun annehmen musste, dass die mehrstündige Einwirkung so hoher Temperaturen auf das feuchte Fleisch unmöglich ohne Beeinflussung seiner Zusammensetzung bleiben konnte, so wählte ich darauf weniger hohe Temperaturen und bediente mich zu diesem Zwecke des Trocknens in einem grossen geräumigen Lufttrockenschrank, regulirt auf etwa 50—60° C. Aber auch dies Verfahren, da es bedeutend mehr Zeit verlangt (bis einen Tag und darüber), erweist sich als unbrauchbar. (Es liefert ebenfalls einen dunkelbraunen, spröden, brüchigen, leicht zu einem groben Pulver zerreibbaren Trockenrückstand.)

Ganz dasselbe Verhalten wie der Fleischbrei, zeigte auch das in feinen dünnen Scheiben zerschnittene Fleisch (Stohmann und Langbein). Bei Zimmertemperatur ging das Trocknen zu langsam, bei höherer dagegen hatte man mit dem oben erwähnten Uebelstande zu rechnen.

Von der Ueberlegung ausgehend, dass alle die erwähnten Trocknungsmethoden aus den oben entwickelten Gründen unzulänglich sind, habe ich nach einer anderen besseren gesucht, welche bei Vermeidung höherer Temperatur ein s c h n e l l e s und gleichmässiges Trocknen ermöglicht, und bin dabei zu folgendem, diese Bedingungen erfüllendem Verfahren gekommen, welches ich nicht genug empfehlen kann, da es ebenso auf Muskeln, wie auf verschiedene andere Gewebe Anwendung findet und viel schneller zum Ziele führt, als das Trocknen bei hoher Temperatur.

Das Verfahren besteht in der Hauptsache in Folgendem:

Aus einem Drahtnetzgewebe von Nickel, wie es im Handel leicht zu haben ist, werden mehrere (etwa 4) runde Scheiben von 15—16 cm Durchmesser mit der Scheere geschnitten und der Rand einer jeden Scheibe rund herum mit den Fingern nach einer Seite umgebogen, so dass die Scheibe zu einem Teller wird. Ausserdem werden von demselben Drahtnetzgewebe 2 cm breite und 40—50 cm lange Streifen geschnitten und jeder einzelne Streifen zu einem geschlossenen Reifen (Ring) von etwa 10—12 cm Durchmesser gebogen.

Auf jeder Drahtnetzscheibe (nach vorhergegangenem vorsichtigem Erhitzen derselben zum Zwecke der Reinigung) wird etwa 30—35 Gramm Fleischbrei mittelst zweier Scalpelle möglichst flach und gleichmässig ausgebreitet. Nachdem etwa 4 solcher Drahtnetzscheiben auf beschriebene Weise mit Fleischbrei beschickt sind, werden dieselben tellersatzartig auf einander gebaut, indem man auf jede Scheibe einen Streifenring legt, der der nächst oberen Scheibe als Unterlage dient. Diese so hergestellte Etagère (Drahtnetzgestell) wird auf eine mit Drahtnetz bedeckte Krystallisirschale gestellt, die eine etwa 2 cm hohe Schicht reinster concentrirter Schwefelsäure enthält; das Ganze — Schale und Gestell — wird dann unter eine Glocke gebracht. Die Glocke, von circa 18—20 cm Durchmesser und 30—35 cm Höhe, mit nicht allzu dünnen Wänden versehen und auf einer starken (dicken) Glasplatte aufgeschliffen, besitzt nur einen (seitlichen) Tubulus, der mittelst einer mit Hahn versehenen Seitenröhre und einem dicken unnachgiebigen Gummirohr mit einer Quecksilberpumpe in Verbindung gebracht, vollständig evacuirt und luftdicht abgeschlossen werden kann. Die vorher erwähnte Krystallisirschale mit Schwefelsäure ist ziemlich hoch (10—12 cm) und bleibt im Durchmesser nur wenig hinter dem inneren Durchmesser der Glocke.

Direct nach dem Einbringen des mit Fleischbrei beschickten Drahtnetzgestelles (der Etagère) in die Glocke, wird diese vollständig evacuirt. Das dauert etwa $^1/_2$ bis $^3/_4$ Stunden, natürlich je nach dem (Grössen-) Verhältniss der Pumpe zum Kubikinhalt der Glocke. Sobald der Druck in der Glocke bedeutend gefallen ist, sieht man bei jedem Oeffnen des grossen Hahnes der Pumpe eine leichte Dampfwolke vom Fleischbrei aus aufsteigen, anfangs sehr deutlich sichtbar, nach weiterem Wasserverlust des Fleisch-

breis immer undeutlicher werdend. Ist dann der Druck beinahe auf Null gesunken, so sieht man bei fortgesetztem Pumpen das Fleisch in der Glocke schnell (in wenigen Minuten) sein Aussehen ändern. Es verliert vollständig seinen Glanz, wird blässer und bekommt durchgehends eine poröse Beschaffenheit (ähnlich wie eine aufgeblasene Lunge), indem es, wie man sich leicht überzeugen kann, in seiner ganzen Dicke von feinsten (eben sichtbaren) Hohlräumen durchsetzt wird, und sieht nun ganz trocken aus. Nimmt man jetzt das Fleisch, nachdem die Evacuation vollständig beendet ist, aus der Glocke heraus, so kann es sogleich verpulvert werden. Ich habe aber meist vorgezogen, dasselbe noch 24 Stunden in der Glocke stehen zu lassen, habe es dann mit einem Scalpellstiel von den Drahtnetzscheiben abgeschabt (es geht sehr leicht) und zur Verpulverung und Entfettung verwandt[1]).

Von grösster praktischer Wichtigkeit ist es, dass so getrocknetes und in einer evacuirten und luftdicht abgeschlossenen Glocke befindliches Fleisch unbegrenzt lange in derselben aufbewahrt werden kann, ohne irgend eine Veränderung seines Aussehens und seiner Zusammensetzung zu erleiden. Deshalb kann auch die nachfolgende Entfettung und weitere Behandlung des getrockneten Fleisches beliebig lange aufgeschoben werden.

Nur wenige Worte über die Entfettung des Fleisches.

Ich habe anfangs die Entfettung des Fleisches nach zwei Methoden vorgenommen. Ich habe sowohl mit warmem Aether im Soxhlet'schen Apparat extrahirt, als in anderen Fällen das Fleisch wochenlang im kalten Aether (Zimmertemperatur) bei täglichem Umrühren und mehrmaligem Wechsel des Aethers stehen lassen. Mag diese letztere Methode, wenn man mit kleinen Quantitäten Fleisches (wenige Gramm) arbeitet, gute Resultate erzielen, bei grösseren Mengen Fleischpulvers (20—30 gr) führte sie mich nie zum Ziel. Selbst nach wochenlangem Stehenlassen waren nicht zu vernachlässigende Reste des Fettes vorhanden, wie es die nachträgliche Extraction nach Soxhlet bewiesen hat. Daher bin ich im weiteren Verlaufe der Arbeit stets nach Soxhlet verfahren.

Auch diese Extraction nach Soxhlet muss, um ihren Zweck zu erfüllen, lange Zeit fortgesetzt werden. Ich war manchmal ge-

---

1) Statt des Drahtnetztellers kann man im Nothfall ebenso gut einen Glasteller resp. ein grosses Uhrglas benutzen.

nöthigt, eine Woche lang dasselbe Fleisch zu extrahiren. Zwar erhält man bereits am ersten Tage die Hauptmenge des Fettes, und der Ertrag der Extraction am zweiten Tage beträgt kaum $^1/_{20}$—$^1/_{80}$ des ersten, doch bleibt auch am dritten und vierten Tage nach Abdunstung des Aethers immer etwas Fett im Rückstand, welches erst später, etwa am fünften, sechsten Tage nur wenige Milligramme beträgt[1]). Auf diesem Punkt angelangt, habe ich in der Regel die Extraction als beendet angesehen, da es mir auch nach weiter fortgesetzter Extraction nie gelang, den Aether frei von jeglichem Rückstand zu erhalten.

Man könnte den Einwand machen, dass die an jedem der letzten Extractionstage erhaltenen wenigen Milligramme Aetherextracts, welche im Verhältniss zur verwendeten grossen Fleischmenge (10—20 gr und mehr) vernachlässigt werden konnten, doch, wenn dieselben viele Tage beobachtet würden, eine wohl zu berücksichtigende Summe bildeten. Ohne die Berechtigung dieses Einwandes bestreiten zu wollen, muss ich doch sagen, dass eine eine Woche dauernde Fettextraction mit schnell circulirendem warmen Aether im Soxhlet'schen Apparat wohl die Grenze dessen erreicht, was man praktisch verlangen kann.

Ich habe noch hinzuzufügen, dass die tadellose Feinheit des Fleischpulvers eine grosse Rolle bei erfolgreicher Fettextraction spielt. Der getrocknete Fleischbrei, so spröde und brüchig er auch ist, lässt sich, wie erwähnt, doch nur grob verpulvern und fein erst, wenn der grösste Theil seines Fettes entfernt ist. Deshalb muss man stets das Fleisch, nachdem es 1 bis 2 Tage nach Soxhlet behandelt worden ist, aus dem Apparat herausnehmen und erst nach feinster Verpulverung desselben die Extraction fortsetzen. Ja, zuweilen musste diese Operation zum zweiten Male wiederholt werden.

Nach der Extrahirung des Fettes wird das von Aether durchfeuchtete Fleisch so lange in einem grossen Mörser zerrieben, bis der Aether verdunstet ist, sodann das noch stark nach Aether riechende Pulver sogleich in einen Exsiccator gelegt, der sowohl Schwe-

1) Während in den ersten Tagen der Rückstand eine ölige, fettige Beschaffenheit zeigte, war der spärliche Rückstand der letzten Tage krystallinischer und liess die Annahme zu, dass wir es hier mit einem anderen Körper zu thun hatten, als mit Fett.

felsäure als Paraffin (zur Absorption des Aethers) enthält und darin etwa einen Tag stehen gelassen, bis kein Aethergeruch am Fleische mehr wahrzunehmen ist.

Das so behandelte Fleischpulver enthält noch, da es in hohem Grade hygroscopisch ist, wechselnde Mengen von Wasser. Bevor es zur Analyse verwendet werden kann, muss es daher, in mehrere Wägegläschen vertheilt, über Schwefelsäure in vacuo bis zum Erreichen des constanten Gewichts nachgetrocknet werden. Wenn das Fleischpulver in jedem Wägegläschen nur eine niedrige Schicht bildet und die Glocke absolut luftdicht schliesst, so ist das in circa 1, höchstens $1^1/_2$ Wochen geschehen, wobei man nur ungefähr alle drei Tage die Glocke zum Wägen der Gläschen zu lüften hat.

Die hochgradige hygroscopische Eigenschaft des Fleischpulvers macht es durchaus nothwendig, dasselbe auch nach dem Erreichen des constanten Gewichts, soweit es nur geht, in der luftleeren Glocke aufzubewahren, was zugleich auch die mögliche Beeinflussung des Pulvers durch langdauernde Berührung mit dem atmosphärischen Sauerstoff ausschliesst. Nach der Entnahme aus dem Vacuum sind die Wägegläschen nicht allein gut verschlossen zu halten, sondern auch stets im Exsiccator über Schwefelsäure aufzubewahren.

Wenn man sich vielfach überzeugt hat, dass das in unbedeckter Schale frei in der Luft stehende Fleischpulver in wenigen Tagen um $15^0/_0$ seines Gewichts und mehr durch Wasseraufnahme zunehmen kann, ohne dabei in seinem Aussehen auch die geringste Aenderung darzubieten, so kann man beurtheilen, wie grosse Fehlerquellen für die Analysen damit gegeben sind und wie sorgfältig die hygroscopische Eigenschaft des Fleischpulvers berücksichtigt werden muss. Noch eine andere unliebsame Eigenschaft des Fleischpulvers verlangt ebenfalls eine sorgfältige Beachtung. Es stäubt nämlich das Fleischpulver wegen seiner ausserordentlichen Feinheit sehr stark, und man muss daher, namentlich beim Lüften der Wägegläschen, um jeden Verlust zu vermeiden, stets vorsichtig verfahren.

2. Analytische Methoden.

Zu sämmtlichen Analysen diente allein und ausschliesslich das bis zum constanten Gewicht in vacuo bei Zimmertemperatur getrocknete Fleischpulver, welches bei jeder Fleischart auf mehrere

breite, gut schliessende Wägegläschen vertheilt war. Ein jedes Gläschen enthielt etwa 2,0 bis 4,0 Gramm.

Um von dem leicht stäubenden und sehr hygroscopischen Fleischpulver eine genau bestimmte Menge aus dem Wägegläschen in eine enge Röhre (Zinke'sche Röhre, siehe unten), in ein Kölbchen etc. überführen zu können, habe ich folgendes Verfahren eingeschlagen:

In das Wägegläschen mit dem Fleischpulver wurde ein Spatel, das heisst eine längliche Platinblechrinne, eingelegt und das Gläschen sofort wieder gut verschlossen. Da die Länge des Spatels die Breite des Wägegläschens bedeutend übertraf, so tauchte er nur mit seinem unteren Theile in das Fleischpulver und kam überhaupt nur mit diesem Ende mit dem Fleischpulver in Berührung.

Das Gläschen wurde nun zweimal gewogen. Nach der ersten Wägung wurde bei schneller Lüftung des Glasdeckels der Platinspatel rasch mit einer passenden Schieberpincette an seinem oberen Ende gefasst, und die gewünschte Menge des Fleischpulvers in das neben dem Wägegläschen stehende erforderliche Gefäss unter üblichen Vorsichtsmassregeln übergeführt, ohne auch nur die geringste Spur zu verlieren, und sogleich der Spatel mit dem daran noch haftenden Fleischpulver in das Wägegläschen zurückgebracht, der Glasdeckel aufgesetzt, und das Wägegläschen abermals gewogen.

Die Differenz ergab das genaue Gewicht der zur Analyse entnommenen Fleischprobe.

Es wurden an jeder untersuchten Fleischart Aschen- und Glycogenbestimmungen gemacht, der Stickstoff nach Kjeldahl-Wilfarth ermittelt, und zur Analyse des Kohlenstoffs und des Wasserstoffs Verbrennungen im offenen Rohr unter Sauerstoffstrom ausgeführt.

1. Die Aschenbestimmung geschah folgendermassen: 1,0—1,5 gr. Fleischpulver wurden in einem Platintiegel anhaltend aber nur schwach erhitzt und zwar so, dass das Fleischpulver gar nicht oder nur ganz wenig rauchte. Die Erhitzung habe ich stets über Nacht fortgesetzt, wobei sorgfältig darauf geachtet wurde, dass der Platintiegel — erst offen, nach einigen Stunden bedeckt — gar nicht in Berührung mit der Flamme des Gasbrenners kam. Am folgenden Tage enthielt der Tiegel stets glanzlose, zusammengebackene Kohle, die nun zur Trennung der löslichen und unlöslichen Aschenbestandtheile mit kochendem Wasser übergossen im Platin-

tiegel selbst mit einem dicken Glasstab möglichst fein zerrieben und nach Ueberführung auf ein aschefreies Filter sorgfältig mit heissem Wasser ausgewaschen wurde. Das Filtrat — es war fast farblos, wenn die Erhitzung der Kohle lange genug fortgesetzt war — wurde in einer Platin-Schale auf einem Wasserbade zur Trockne abgedampft und nach leichtem, wenige Secunden dauernden Erhitzen über der Gasflamme (zur Verbrennung der sehr geringen Beimengungen der feinst vertheilten Kohle) in einem Exsiccator über Schwefelsäure erkalten gelassen und gewogen. Hierauf wurde das auf dem Filter gebliebene nasse ausgezogene Kohlenpulver nebst Filter in den Platintiegel gebracht, und der Tiegel nach Abdampfen des Wassers (in einem Trockenschrank, oder besser auf einem Wasserbad) bis zur schwachen Rothglut einige Stunden erhitzt. Der hiernach bleibende weisse Rückstand bildete, wenn vorher die Kohle von löslichen Salzen sorgfältig befreit war, ein amorphes, nicht schmelzbares Pulver, das, wie üblich, nach Erkalten des Tiegels im Exsiccator über Schwefelsäure, gewogen wurde.

Die löslichen und unlöslichen Bestandtheile gaben zusammen die Asche des getrockneten entfetteten Muskels.

Ich habe bei der Aschenbestimmung folgende Punkte besonders beachtet:

Erstens wendete ich vor Entfernung der Chloride und Carbonate (vor dem Ausziehen der Kohle mit Wasser) nur eine möglichst schwache Erhitzung an.

Zweitens nahm ich das Ausziehen der Kohle mit kochendem Wasser erst nach vollständigem Verkohlen der organischen Substanz vor, um so das Filtrat — die löslichen Salze — vor Beimengung organischer Substanzen zu bewahren, denn sonst ist eine nachträgliche starke Erhitzung des eingedampften Filtrats, zum Zweck der Verbrennung der organischen Substanzen, nothwendig, was gewiss mit Verlust der flüchtigen löslichen Salze verbunden ist.

Drittens erhitzte ich die Kohle zum schwachen Rothglühen erst nach nachträglicher Entfernung aller löslichen Salze.

2. Die Glycogenbestimmung geschah — stets an in vacuo getrocknetem Fleische — nach Brücke-Külz'scher Methode, nach den von Külz gegebenen Vorschriften.

3. Ein Punkt, die Stickstoffbestimmung betreffend, die immer nach Kjeldahl-Wilfarth ausgeführt wurde (dies Archiv, Bd. 46, Seite 33), muss hier genau erörtert werden, da er sonst

trotz der Zuverlässigkeit der Methode zur Quelle unliebsamer Fehler werden kann.

Es benetzt sich nämlich merkwürdiger Weise das feine getrocknete Fleischpulver nicht mit der Schwefelsäure. Das bedingt, dass im Oxydationskölbchen das Fleischpulver zum grösseren oder kleineren Theile auf der Schwefelsäure schwimmt und bei der Erhitzung der letzteren, da es von ihr nicht benetzt ist, einer trockenen Destillation unterworfen wird. Diese hat selbstverständlich Stickstoffverlust zur Folge. Daher stimmen die Analysen in diesen Fällen nicht überein und geben, wie ich mich noch nachträglich überzeugt habe, sehr leicht ein Deficit an Stickstoff. Zur vollständigen Beseitigung dieses Uebelstandes genügt es, das in dem Oxydationskölbchen enthaltene Fleischpulver vor dem Zugiessen der Schwefelsäure mit 2—3 ccm destillirten Wassers zu benetzen, wonach die Schwefelsäure dann das nasse Fleischpulver leicht und vollständig durchdringt.

Die einzelnen Analysen desselben Fleischpulvers nach Kjeldahl-Wilfarth zeigen eine ganz merkwürdige Uebereinstimmung. Die Differenzen, obwohl das trockene Fleisch um 4—4$^1/_2$ mal reicher an Stickstoff ist als das frische, bewegen sich meist nur in Hundertsteln eines Procents und übersteigen nie 1$^1/_2$ Zehntel Procent, sind also viel übereinstimmender, als die Analysen frischen Fleisches.

Wenn ich auch keine Bestimmungen des Stickstoffs im Fleische zugleich nach der Methode von Dumas gemacht habe, so glaube ich doch annehmen zu dürfen, dass die nach Kjeldahl-Wilfarth enthaltenen Resultate in der That dem gesammten Stickstoffgehalt des Fleisches entsprechen. Zwar findet die Kjeldahl-Wilfarth'sche Methode nicht auf alle Stickstoffverbindungen ihre Anwendung, es sind aber die ihr nicht zugänglichen Verbindungen entweder im Fleische gar nicht enthalten oder nur in zu vernachlässigenden minimalsten Spuren.

4. Die Kohlenstoff- und Wasserstoffbestimmung geschah, wie bereits erwähnt, durch Verbrennung im offenen Rohr im Sauerstoffstrom.

Nach Ausführung einer grossen Zahl von Verbrennungen muss ich sagen, dass diese Methode sicherlich eine bei Weitem häufigere Anwendung zu thierphysiologischen und klinischen Untersuchungen finden kann, als sie bis jetzt gefunden hat, wenn sie

auch bedeutend complicirter und zeitraubender ist, als die Kjeldahl'sche Stickstoffbestimmung und, um gute Resultate zu liefern, Einhaltung vieler Bedingungen verlangt. Nach einiger Uebung, die rasch zu erreichen ist, liefert sie Resultate, die an Genauigkeit wenig denen der Stickstoffbestimmung nach Kjeldahl nachstehen.

Wie selbstverständlich, hatte ich durch öfters wiederholte Verbrennungen chemisch reiner Körper mich von Zeit zu Zeit immer wieder überzeugt, dass die Verbrennungsresultate nicht allein unter einander übereinstimmten, sondern auch zuverlässig waren.

Analysen des Fleisches.

1. Vorbemerkungen.

Die zu nachfolgenden Analysen verwendeten Fleischportionen stammten sämmtlich von in meiner Gegenwart im Bonner Schlachthause geschlachtetem Vieh, auch waren die Thiere, denen ich das Fleisch entnommen hatte, alle auf eine und dieselbe Weise — Einschlagen eines Stifts in den Schädel und darauf folgende Eröffnung der Halsgefässe — getötet.

Das in Staniolblatt eingewickelte Fleisch wurde rasch in das nur 10 Minuten entfernte physiologische Laboratorium gebracht, darauf nach Entfernung mit Messer und Scheere von sichtbaren Beimengungen von Fett und Sehnen, fein zerhackt, der Brei in einer luftleeren Glocke getrocknet und auf die oben beschriebene Weise weiter behandelt.

Schlachteten wir im Laboratorium selbst — wir haben einige Tauben und ein paar Hunde geschlachtet, also verhältnissmässig nicht zu grosse Thiere, — so konnten wir das Fleisch in höchstens einer halben Stunde schon zerhacken und nach weiteren $^1/_2$ bis $^3/_4$ Stunden war der Fleischbrei in der evacuirten Glocke bereits trocken. Hat man aber, wie in unserem Falle, mit grossen Schlachtthieren zu thun, so vergeht, wie selbstverständlich, vom Moment des Schlachtens bis man das Fleisch zerhacken kann, verhältnissmässig nicht wenig Zeit, eben weil die Exenteration, Enthäutung und Zerlegung des grossen Schlachtthiers Zeit in Anspruch nimmt. Immerhin aber war das Fleisch schon nach höchstens 4 Stunden zum Zerhacken bereit und nach weiteren $^3/_4$ Stunden der Fleischbrei schon trocken.

Hält man den getrockneten noch nicht verpulverten Fleischbrei in einer luftleeren Glocke oder in einer Flasche unter Aetherschicht, so ist man erstaunt, wie lange derselbe seine schöne normale rothe Farbe beibehält, während er, frei an der Luft stehen gelassen, sehr bald (in ein paar Tagen) seine frische Farbe verliert und verblasst. Pulvert man das aus dem vacuo herausgenommene roth gefärbte Fleisch (Fleischbrei), so wird es, aus bekannten physikalischen Gründen, blass, rosafarben und nach stattgehabter Entfettung und nun ermöglichter feinster Verpulverung noch bedeutend blässer. Es ist daher vom verpulverten, bei höherer Temperatur getrocknetem Fleische, welches orange resp. bräunliche Färbung besitzt, schon auf den ersten Blick zu unterscheiden.

Zur Untersuchung wurde von fünf verschiedenen Ochsen (an verschiedenen Tagen) je ein grösseres Stück aus psoas major (filet) genommen, darauf eins von den vorderen Halsmuskeln und zuletzt einem fünften Thier absichtlich ein recht sehniges Fleischstück aus der Rückenmuskulatur (nahe der Wirbelsäule) herausgeschnitten.

Die Thiere waren mittelmässig genährt. Da es mir gar nicht darauf ankam zu erfahren, wie viel Fett im untersuchten Fleische vorhanden war, sondern es sich nur darum handelte, alles Fett daraus zu entfernen, so habe ich stets auf die sorgfältigste Entfettung geachtet, die Menge des extrahirten Fettes dagegen gewöhnlich nicht bestimmt. Nur möchte ich hier beiläufig erwähnen, dass ich mich vielfach bei Fleischuntersuchungen habe davon überzeugen können, dass auch in den Fällen, in denen am Fleische makroscopisch gar keine Fettbeimengungen sichtbar waren, dasselbe zuweilen noch beträchtliche Mengen Fett enthielt. Um ein Beispiel zu geben, enthielt der Brustmuskel einer gut genährten Taube, der makroscopisch vollkommen homogen und fettfrei aussah, noch 3% Fett, auf feuchtes Fleisch bezogen.

Bei der Untersuchung der soeben erwähnten fünf Fleischportionen (Fleischstücke) hat sich eine Thatsache herausgestellt, die ich näher besprechen muss. Ich hatte schon früher — im Winter und im Frühjahr — mehrmals verschiedene Fleischproben aus dem Bonner Schlachthause genommen. Obwohl ich damals das Fleisch nicht sogleich in Arbeit nahm (im Gegentheil dasselbe

öfters eine Zeitlang bei Zimmertemperatur stehen liess) und noch feucht der Einwirkung einer höheren Temperatur aussetzte, so hatten sich doch alle jene Fleischproben als ziemlich glycogenhaltig erwiesen und es enthielt jenes Fleisch getrocknet bis 2,5 %, frisch bis 0,6 % Glycogen. Indessen zeigte sich merkwürdiger Weise bei der Untersuchung der so eben erwähnten fünf Fleischarten, die zu nachfolgenden Analysen dienten und die alle von Thieren stammten, die im Herbst (im September) geschlachtet waren, ein auffallender Mangel, öfters ein vollständiges Fehlen von Glycogen, obgleich das Fleisch sehr schnell und nur bei Zimmertemperatur getrocknet wurde und auch nachträglich gar nicht erhitzt war.

Leider bin ich ganz ausser Stande, über die Ursache dieser auffallenden Thatsache berichten zu können [1]).

2. Die Analysen und deren Ergebnisse.

Wenn wir nun bei der Betrachtung der Ergebnisse unserer Analysen erst bei den Kohlenstoff- und Wasserstoffwerthen bleiben, so finden wir, dass diese Zahlen für alle Muskeln auffallend unter einander übereinstimmen und zwar in solchem Grade, wie es für eine reine chemische Verbindung nicht vollkommener hätte erwartet werden können, da die Unterschiede nicht grösser, als die Fehlergrenzen der Methode selbst sind.

Zwar differiren die Stickstoffzahlen der untersuchten Muskeln mehr, als es in den Fehlerquellen der sehr scharfen Kjeldahl-Wilfarth'schen Methode liegt, aber die Uebereinstimmung ist noch immer eine ganz bedeutende und zwar sind die Unterschiede unserer Analysen des bis zum constanten Gewicht getrockneten Fleisches verschiedener Thiere geringer, als

---

1) Ob zufällig die schlechte Fütterung in den letzten Tagen hier die Hauptursache bildet, oder die Wärme der Jahreszeit mit im Spiel ist, weiss ich nicht anzugeben, muss aber hier darauf hinweisen, dass ich bei einem Hunde (allerdings bei reichlicher Fleischkost) sogar unmittelbar nach einer sehr grossen Arbeitsleistung noch über $^1/_2$ % Glycogen in dem entfetteten getrockneten Fleische gefunden habe.

die Unterschiede zwischen den verschiedenen Analysen eines und desselben frischen, nicht getrockneten Fleisches, wie ich es durch viele Zahlen beweisen kann.

Auch die durch die Rechnung ermittelten Restzahlen für Sauerstoff + Schwefel zeigen in allen Analysen eine bedeutende Uebereinstimmung, eben wegen der Uebereinstimmung der Zahlen für die anderen Fleischbestandtheile. Die Differenz einzelner Fleischproben liegt für Sauerstoff + Schwefel innerhalb 0,1—0,3, indem es nur einmal die letzte Zahl erreicht.

Das Verhältniss von Kohlenstoff zu Stickstoff im Fleische, („Fleischquotient" könnte man es der Kürze wegen nennen), welches eine grosse Uebereinstimmung bei einzelnen Fleischarten zeigt, schwankt zwischen 3,23 und 3,26 und ist im Mittel gleich 3,24, steht also nahe dem von Rubner[1]) angegebenen Werthe von 3,28.

Aber diese annähernde Uebereinstimmung der von mir gefundenen Verhältnisszahl von Kohlenstoff zu Stickstoff im Fleische mit der Rubner'schen beruht durchaus nicht auf der Uebereinstimmung meiner Zahlen für die elementare Zusammensetzung des Fleisches mit den Rubner'schen. Im Gegentheil, es zeigen unsere Zahlen für einzelne elementare Fleischbestandtheile recht grosse Unterschiede. So ist seine Zahl für Kohlenstoff um 1 % höher, für Wasserstoff ebenfalls um 0,7% höher, nur für Stickstoff ist die Differenz am geringsten und beträgt nur 0,1—0,2 % mehr, als die meinige; dagegen, wie es bei den eben angeführten Zahlen nicht wesentlich anders sein kann, ist die Rubner'sche Zahl für Sauerstoff + Schwefel um volle 2 % niedriger, als die meinige; endlich ist seine Zahl für den Aschengehalt ziemlich höher, als diejenige, die sich bei mir ergeben.

Man könnte vielleicht denken, dass die Differenz zwischen meinen und den Rubner'schen Zahlen vor Allem dadurch bedingt wird, dass er das Fleisch schärfer — bei höherer Temperatur — getrocknet hat. Diese Voraussetzung wird aber ganz besonders aus dem Vergleiche der Rubner'schen und meiner Wasserstoffzahl hinfällig, denn bei jedem schärferen Trocknen des Fleisches — bei etwa 100° und etwas darüber — vermindert sich,

---

1) Zeitschr. für Biologie Bd. 21 S. 311 (1885).

wie ich mich aus zahlreichen Analysen überzeugt habe, der Wasserstoffgehalt im Fleische ausnahmslos, während der Wasserstoffgehalt des Fleisches bei Rubner gerade umgekehrt bedeutend höher ist, als bei mir.

Viel näher im Allgemeinen kommen meine Zahlen denen von Stohmann und Langbein[1]), aber gerade das Verhältniss von Kohlenstoff zu Stickstoff im Muskel zeigt bei mir eine bedeutende Abweichung von der Zahl von Stohmann und Langbein. Eine Betrachtung der betreffenden Zahlen zeigt, dass meine Kohlenstoffzahl höher und meine Stickstoffzahl niedriger ist, als die von Stohmann-Langbein; daher wird natürlich der Unterschied zwischen meinen Kohlenstoff-Stickstoffquotienten und dem Stohmann-Langbein'schen ein ganz bedeutender.

Somit haben sich aus einer Anzahl von sehr übereinstimmenden Analysen sowohl für das Verhältniss von Kohlenstoff zu Stickstoff im Ochsenfleische, als auch für den Gehalt des genannten Fleisches an Kohlenstoff, Stickstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestimmte Werthe ergeben; auch erwies es sich, dass die Muskeln verschiedener Thiere derselben Spezies eine ganz auffallende Uebereinstimmung ihrer Elementarzusammensetzung zeigen[2]).

Ob auch die Muskeln bei Thieren verschiedener namentlich wenig verwandter Arten ebenfalls gleich zusammengesetzt sind, muss vorläufig als eine offene Frage betrachtet werden. Meine geringen Erfahrungen in dieser Hinsicht würden, was den Hund betrifft, zu Gunsten einer Differenz reden, davon aber hoffe ich ein anderes Mal zu sprechen.

Bevor ich diese Blätter schliesse, möchte ich die hier beschriebene Methode, die Muskelsubstanz möglichst ohne Aenderung ihrer Zusammensetzung zur Elementaranalyse vorzubereiten, nochmals in ihrer Bedeutung für das Studium des elementaren Aufbaues der verschiedenen Gewebe, des Protoplasmas verschiedener Organe hervorheben. Es bietet dieselbe folgende Vortheile: 1) Sie umgeht die Anwendung einer erhöhten Temperatur vollständig; 2) sie ermög-

---

1) Journ. pract. Chemie N. F. Bd. 44 S. 364 (1891).

2) Unter etwaigem Vorbehalt der ziemlich gleichen Lebensverhältnisse der Thiere.

licht ein sehr rasches und gleichmässiges Trocknen des Gewebes bei Zimmertemperatur; 3) sie erlaubt zugleich ein längeres Aufbewahren des getrockneten Gewebes unter möglichster Ausschliessung einer chemischen Veränderung.

Meinem hochverehrten Lehrer Herrn Geheimrath Pflüger, dessen Anregung diese Arbeit ihre Entstehung verdankt, sage ich meinen tief empfundenen Dank. Auch meinem verehrten Freunde Dr. Max Bleibtreu bin ich zu grossem Danke verpflichtet, ebenso meinem geehrten Collegen Dr. B. Schöndorff. Schliesslich danke ich bestens auch meinem lieben Freunde Dr. Franz Meyer.

Bemerkung zu den Tabellen:

Auf der Tabelle 1 (Generaltabelle) habe ich meine sämmtlichen Analysen der vier ersten Fleischproben zusammengestellt — Filet I, II, III, die Halsmuskeln —, dagegen nicht die Analysen des stark sehnenhaltigen Stücks aus den Rückenmuskeln, dessen mittlere Zusammensetzung ich gesondert für sich auf Tabelle 5 angeführt habe. Diese fünfte stark sehnenhaltige Fleischportion wurde absichtlich dazu genommen um ein Urtheil zu gewinnen, ob die stärkere Beimengung von Bindegewebe die Zusammensetzung des Muskels besonders alterirt. Das scheint wenig der Fall zu sein; aber nichts destoweniger habe ich bei der Aufstellung der Mittelzahlen für das Ochsenfleisch (Columne f auf der Generaltabelle) nur die vier ersten Fleischarten berücksichtigt, dagegen auf der Tabelle 5, Columne b auch die Mittelzahlen für alle fünf untersuchten Fleischarten angegeben. Dieselben weichen wenig ab von den eigentlichen Mittelzahlen auf Tab. 1 Columne f.

Tabelle 1.

Generaltabelle.

	Zusammenstellung meiner Ergebnisse der Analysen von vier verschiedenen Proben von in vacuo getrocknetem entfettetem Ochsenfleisch, nach Abzug des Glycogens:				Meine Zahlen:		Zahlen von Stohmann und Langbein	Rubner'sche Zahlen
	a Filet I (zwei Analysen)	b Filet II (zwei Analysen)	c Filet III (drei Analysen)	d Halsmuskeln (zwei Analysen)	e Mittelzahl aus a—d	f Mittelzahl abgerundet		
C	49,60	49,54	49,56	49,66	49,59	**49,6**	49,25	50,46
N	15,20	15,36	15,29	15,38	15,31	**15,3**	15,49	15,4
H	6,86	6,96	6,95	6,90	6,91	**6,9**	6,91	7,6
Asche	5,23	5,20	5,32	5,19	5,24	**5,2**	5,32	5,5
O+S	23,11	22,94	22,88	22,87	22,95	**23,0**	23,03	20,97
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,0	100,00	99,93
C:N	3,263 (3,26)	3,225 (3,23)	3,241 (3,24)	3,229 (3,23)	3,242	**3,24**	3,18	3,28 (3,277)
	Auf aschenfreie Substanz berechnet:							
C	52,34	52,26	52,34	52,38	52,33		52,02	53,40
N	16,04	16,20	16,13	16,23	16,15		16,36	16,30
H	7,22	7,34	7,34	7,28	7,30		7,30	8,04
O+S	24,40	24,20	24,19	24,10	24,22		24,32	22,19
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00		100,00	99,93

Tabelle 2.

Bestimmungen des Kohlenstoffs und Wasserstoffs im in vacuo getrockneten entfetteten Fleische.

	Substanz in gr	Erhalten						Glycogengehalt des Fleischpulvers in Procenten	Nach Abzug des Glycogens	
		Kohlensäure	Wasser	C	H	im Mittel C	im Mittel H		C	H
Filet I	0,3409	0,6209	0,2092	49,67	6,82	49,60	6,86	(Spuren)	49,60	6,86
	0,2943	0,5345	0,1824	49,53	6,89					
Filet II	0,3460	0,6275	0,2158	49,46	6,93	49,54	6,96	(fehlt)	49,54	6,96
	0,2845	0,5174	0,1787	49,61	6,98					
Filet III	0,3881	0,7146	0,2443	49,52	6,99	49,56	6,95	(Spuren)	49,56	6,95
	0,4826	0,8781	0,2996	49,62	6,90					
	0,3497	0,6352	0,2190	49,57	6,96					
Halsmuskeln	0,3621	0,6569	0,2238	49,48	6,87	49,60	6,89	1,1074	49,66	4,95
	0,3408	0,6239	0,2128	49,72	6,91			(1,11)		
Starksehnige Rückenmuskeln	0,4478	0,8102	0,2779	49,34	6,89	49,38	6,96	0,32	49,40	6,96
	0,3859	0,6992	0,2440	49,41	7,02					

Tabelle 3.

Bestimmungen des Stickstoffs im in vacuo getrockneten entfetteten Fleische.

	Substanz in gr	cc Titrirlauge[1])	N in %	im Mittel N in %	Glycogengehalt des Fleischpulvers in %	Nach Abzug des Glycogens N in %
Filet I	0,4932	= 37,10	15,13	15,20	(Spuren)	15,20
	0,4350	= 33,05	15,27			
Filet II	0,3516	= 26,80	15,33	15,36	(fehlt)	15,36
	0,2944	= 22,40	15,30			
	0,4215	= 32,25	15,39			
	0,3850	= 29,50	15,41			

1) 1 ccm Lauge = 2,01142 mgr Stickstoff.

	Substanz in gr	cc Titrir-lauge[1])	N in %	im Mittel N in %	Glycogengehalt des Fleisch-pulvers in %.	Nach Abzug des Glycogens in %.
Filet III	0,7361	= 56,10	15,33	15,29	(Spuren)	15,29
	0,7376	= 55,85	15,22			
	0,7657	= 58,30	15,32			
Hals muskeln	0,6517	= 49,25	15,20	15,21	1,1074 (1,11)	15,38
	0,5622	= 42,60	15,24			
	0,6371	= 48,30	15,25			
	0,5377	= 40,45	15,13			
Starksehnige Rückenmusk.	0,7060	= 53,30	15,19	15,16	0,32	15,21
	0,5123	= 38,60	15,16			
	0,5328	= 40,10	15,14			

Tabelle 4.

Aschenbestimmungen im in vacuo getrockneten entfetteten Fleische.

	Substanz in gr	Erhalten			Glycogengehalt des Fleischpulvers in Procent.	Nach Abzug des Glycogens Asche in %
		Asche in gr	Asche in %	im Mittel Asche in %		
Filet I	1,0283	0,0542	5,27	5,23	(Spuren)	5,23
	1,1124	0,0577	5,19			
Filet II	1,1718	0,0609	5,20		(fehlt)	5,20
Filet III	1,9712	0,1049	5,32		(Spuren)	5,32
Halsmuskeln	1,3169	0,0676	5,13		1,074 (1,11)	5,19
Starksehnige Rückenmusk.	2,2225	0,1446	5,15		0,32	5,17

1) 1 ccm Lauge = 2,01142 mgr Stickstoff.

Tabelle 5.

	Mittelzahlen für zwei Analysen der starksehnigen Rückenmuskeln nach Abzug des Glycogens	Mittelzahl von meinen Analysen aller fünf Fleischarten (glycogenfrei)
C	49,40	49,55
N	15,21	15,29
H	6,96	6,95
Asche	5,17	5,24
O + S	23,26	23,07
	100,00	100,00
C : N	3,249 (3,25)	3,24
	Auf aschenfreie Substanz berechnet	
C	52,09	52,28
N	16,04	16,12
H	7,34	7,30
O + S	24,53	24,28
	100,00	100,00

Tabelle 6.

Controlanalysen: Bestimmungen von C und H in der Hippursäure.

Substanz in gr	Erhalten				Mittelzahl für C	Mittelzahl für H
	Kohlensäure	Wasser	C in %	H in %		
0,4493	0,9966	0,2086	60,49	5,11	60,42	5,18
0,3709	0,8210	0,1740	60,37	5,22		
0,4818	1,0681	0,2238	60,46	5,16		
0,3846	0,8520	0,1809	60,42	5,23		
			Theoretische Zahl =		60,34	5,03

Controlanalysen: Bestimmungen von N im Benzidin

Substanz in gr	ccm Titrirlauge[1]	N in %	Mittelzahl
0,3252	= 24,5	15,15	15,20
0,3490	= 26,25	15,13	
0,3042	= 23,1	15,27	
0,3324	= 25,2	15,25	
	Theoretische Zahl =		15,22

[1]) 1 ccm Titrirlauge = 2,01142 mgr Stickstoff.

(Aus dem physiologischen Laboratorium in der St. Louis Medical College.)

Ueber die Frage eines Coordinationscentrum im Herzventrikel.

Von

W. Townsend Porter.

Eine bekannte Hypothese besagt, dass die Contractionen der ventricularen Muskelzellen des Hundeherzens einem besonderen Centrum, das in den Ventrikeln selber liege, coordinirt seien.

Ein anatomischer Beweis für die Existenz eines solchen Mechanismus ist nie zu Tage gefördert worden, und es fehlte ebenso an einem physiologischen Belege — abgesehen von unsicheren Analogien — bis zu der Veröffentlichung des merkwürdigen Experiments von Kronecker und Schmey. Diese beiden fanden, dass das Herz zu schlagen aufhörte, wenn ein besonderes Gebiet des Interventricular-Septum verletzt worden war. Stach man eine Nadel in diesen Theil, der ungefähr an der Verbindungsstelle des mittleren und oberen Drittels des Septum liegt, so hörte die coordinirte ventriculare Contraction plötzlich auf, und der Muskel gerieth sehr schnell in fibrilläre Contractionen, so dass der Stillstand nicht einem Verlust von Contractilität zuzuschreiben war. Die Autoren glaubten, sie hätten ein Coordinations-Centrum vernichtet, das für das Schlagen der Ventrikel unbedingt nöthig wäre.

Das Functioniren der Säugethier-Nervenzellen hängt sehr von ihrer Ernährung ab, und hört bald nach Unterbrechung ihrer Blutzufuhr auf. Die Aeste der Coronar-Gefässe sind Endarterien, und ihre Unterbindung verursacht Anaemie der entsprechenden Capillar-Gebiete. Es würde hieraus folgen, dass ein Herz, welches eine Unterbindung einer Coronar-Arterie übersteht, kein Coordinations-Centrum von fundamentaler Bedeutung unter den Geweben hat, die von der Arterie ernährt werden. Ein derartiger Schluss ist vielleicht nicht ganz einwurfsfrei. Man könnte darüber streiten, ob diese Arterien wirklich Endarterien sind, und die Möglich-

keit einer Anastomose würde selbstverständlich die Bedeutung des Experimentes zu Schanden machen. Weiter könnten die Gewebe, welche von den Capillar-Gefässen der unterbundenen Arterie durchsetzt sind, einen Theil ihres Blutzuflusses von den Capillaren eines anderen, nicht unterbundenen Astes erhalten. Es ist also ein besserer Beweis als blosses Unterbinden dafür nöthig, dass die fraglichen Gewebe kein Blut empfangen.

Die Unterbindung einer Coronar-Arterie hat eine Degeneration zur Folge, welche Infarcte entstehen lässt, in denen die Nervenzellen, Muskelfasern und andere Gewebe-Elemente aufgehört haben, als solche zu existiren. Das folgende Experiment möge als Beispiel dienen.

Experiment vom 25. Januar 1893.

Ein kleiner Hund wurde aetherisirt und die künstliche Athmung eingeleitet. Der Ramus descendens der Arteria coronaria sinistra wurde nahe bei seinem Ursprunge unterbunden und die Thorax-Wunde aseptisch geschlossen. Der Hund lebte noch vier Tage. Nach dem Tode fand sich, dass der Ramus descendens 6 mm hinter seinem Ursprung, der 5 mm unterhalb der Aorta-Oeffnung der Arteria coronaria sinistra lag, unterbunden war. Ein Thrombus füllte die Arterie oberhalb der Ligatur. Das Interventricular-Septum, das gegen 4,5 cm breit und gegen 6 mm dick war, enthielt einen weissen Infarct, mit blossem Auge erkennbar. Sieben Millimeter unter der Ligatur hatte der Infarct 13 mm, und 2,5 cm unter der Ligatur 2,3 cm Dicke. Ein ähnlicher Keil nahm den vorderen Theil der Wand des linken Ventrikels ein, von der Interventricular-Furche nach auswärts sich erstreckend. Die Spitze dieses Theiles des Infarctes lag nahe an der Ligatur. Drei Centimeter unter der Ligatur war seine Breite nahezu 3 cm. Man konnte den Infarct auch leicht an der inneren Oberfläche des Ventrikels erkennen: er nahm die ganze Dicke der Ventricular-Wand ein.

Diese Unterbindung fand 4 mal statt:

Am 25. Januar. Der Hund lebte 4 Tage.
„ 4. Februar. „ „ „ 5 Stunden[1]).

1) Der frühe Tod des Hundes vom 4. Februar ist vielleicht die Folge

Am 8. Februar. Der Hund lebte 31 Stunden.
„ 1. April. „ „ „ $14^1/_2$ Tage.

Die Infarcte vom 8. Februar und 1. April unterschieden sich in keinem wichtigen Punkte von dem oben beschriebenen des 25. Januar.

Aus diesen Experimenten darf man mit Sicherheit schliessen, dass kein Coordinations-Centrum in dem Theile des Septums existirte, der der Sitz der Infarcte war.

Der Rest des Septum wird durch den Ramus septi gespeist, den der Ramus descendens ein oder zwei Millimeter von seinem eigenen Ursprung entfernt aussendet. Gelegentlich entspringt der R. septi von der Arteria coronaria sinistra selber. In allen Fällen, — so weit meine Beobachtungen reichen — entspringt er von der hinteren Seite des Stammgefässes und senkt sich sofort in das Septum. Man kann ihn nicht an der Oberfläche des Herzens sehen. Dies Gefäss musste man nun unterbinden, zugleich mit dem Ramus descendens, um so den Blutzufluss zum Septum gänzlich abzuschneiden.

Experiment vom 20. Februar.

Es wurde der Ramus descendens 3 mm, der R. septi 2 mm von der Arteria coronaria sinistra unterbunden. Der Hund erholte sich gut von der Operation und lebte 3 Stunden und 45 Minuten. Am nächsten Tage wurde die Operation wiederholt.

Experiment vom 21. Februar.

Der Ramus septi wurde an seinem Ursprung und der R. descendens 5 mm von seinem Ursprung unterbunden. Der Hund lebte noch 7 Stunden.

Offenbar muss ein vollständiges Aufhören der Thätigkeit der Nerven eines Theils viele Stunden vor der Bildung eines, dem unbewaffneten Auge sichtbaren, Infarctes statthaben. Man sah Infarcte in später zu erwähnenden Experimenten 24 Stunden nach der Unterbindung: und es ist wohl ziemlich sicher, dass drei oder

einer Lockerung der Bandagen, die den Luftzutritt in die Thorax-Oeffnung gestatteten und grosse Dyspnoë verursachten.

vier Stunden vollständiger Anaemie die Thätigkeit eines Coordinations-Mechanismus im Säugethier-Herz beendigen würden. So schien es höchst wahrscheinlich, dass kein Coordinations-Centrum in dem Septum eines Herzens existirte, welches sieben Stunden nach der Unterbindung des Ramus septi und R. descendens geschlagen hatte.

An dieser Stelle der Untersuchung tauchte ein unangenehmer Zweifel auf. Es war möglich, dass Zweige des Ramus circumflexus und der Arteria coronaria dextra in das Septum von seinem hinteren Rande her eindrängten und das Centrum am Leben erhielten, nachdem der R. septi und R. descendens abgebunden worden waren. Giebt es derartige Zweige, so sollten Infarcte im Septum erscheinen nach Unterbindung der Arteria circumflexa und der coronaria dextra. Zwei Experimente wurden ausgeführt, um zu entscheiden, ob die Zweige vorhanden sind.

Experiment vom 27. Februar.

Der Ramus circumflexus wurde zwischen seinem Ursprunge und seinem ersten Aste unterbunden. Der Hund lebte 27 Stunden 45 Minuten. Die Wand des linken Ventrikels — ausgenommen das keilförmige Gebiet, das an der vorderen Interventricular-Furche liegt, und von dem Ramus descendens ernährt wird — war degenerirt. Hämorrhagische Infarcte hatten sich gebildet und wären schnell weich geworden. Die Wand enthielt viele Höhlungen, erfüllt mit röthlichem, halbflüssigen Detritus. Hinten erstreckten sich die Infarcte bis zum Septum. Im Septum selber war keine Degeneration. Hätte eine Anastomose der Coronaria dextra und circumflexa bestanden — ein Fall, in welchem die Unterbindung der letzteren die Circulation in ihren End-Verästelungen nicht unterbrochen haben würde — so würden sich keine Infarcte im linken Ventrikel gebildet haben, weil eine collaterale Circulation zu Stande gekommen wäre.

Experiment vom 1. März.

Die Arteria coronaria dextra wurde 14 mm von ihrem Ursprung an der Aorta unterbunden und die circumflexa 12 mm von der Aorta. Der Hund lebte 24 Stunden. Die Infarcte, die dem

blossen Auge sichtbar waren, dehnten sich hinten bis hart an die Grenzen des Septum aus, erstreckten sich aber nicht in dasselbe.

Die zuletzt beschriebenen Experimente rechtfertigen die aus den Experimenten des 20. und 21. Februar gezogenen Schlüsse, nämlich: dass aller Wahrscheinlichkeit nach kein Coordinations-Centrum in dem Septum eines Herzens existirt, das noch sieben Stunden nach Unterbindung des Ramus septi und R. descendens schlägt.

Könnte man das ganze Septum mit Infarcten erfüllen, so würde die Abwesenheit eines solchen Centrums daraus mit Sicherheit folgen. Wenn der Ramus septi und R. descendens bei derselben Operation unterbunden werden, so ist es nicht leicht, das Versuchsthier lange genug am Leben zu erhalten, um die Bildung eines deutlich sichtbaren Infarctes zu ermöglichen. So wurde beschlossen, den Ramus septi zu unterbinden und erst einige Tage später den R. descendens. Diese Absicht wurde aber nie verwirklicht, denn durch einen glücklichen Zufall wurde der Infarct des ganzen Septums durch eine einzige Operation erhalten.

Experiment vom 23. März.

Die Arteria septi eines mittelgrossen Hundes wurde an ihrem Ursprunge unterbunden. Während der Operation wurde der R. descendens gelegentlich durch einen Faden hochgehoben, um den R. septi leichter zugänglich zu machen. Der Hund lebte 22 Stunden. Bei der Eröffnung des Stammes der coronaria sinistra sah man einen Thrombus aus dem R. descendens hervorstehend und die Mündung des R. septi bedeckend. Als man den R. descendens öffnete, fand sich, dass der Thrombus einige Centimeter lang war und das Gefäss vollständig erfüllte. Das Septum war überall mit Infarcten erfüllt und der Theil der vorderen Ventrikel-Wand, den der R. descendens ernährt, war ebenfalls degenerirt.

Dieses Experiment beweist, dass das Interventricular-Septum kein Centrum enthält, dessen Zerstörung die Ventrikel zum Stillstand bringt, denn das Herz dieses Hundes schlug weiter, nachdem die Gewebe des Septums abgestorben waren.

Die Untersuchungen von Tigerstedt haben gezeigt, dass die Ventrikel des Hunde-Herzens ihren rhythmischen Schlag fortsetzten auch nach der Trennung von den Aurikeln. Es hat sich

soeben gezeigt, dass die Ursache dieser coordinirten Contraction nicht ein Centrum im Septum ist. Ebensowenig kann es ein Centrum in irgend einem anderen Gefäss-Gebiet in der Ventricular-Wand sein — denn alle diese Gebiete waren infarcirt, ohne den Herzschlag zu unterbrechen. Es ist wahr, dass bei dem einzigen Falle der Unterbindung der Coronaria dextra vielleicht einige Aeste zwischen der Aorta und der Unterbindungsstelle ausgesandt wurden; aber es wurden viele andere Unterbindungen der Coronaria dextra von mir gemacht[1]) an Punkten, die zwischen ihrem ersten Zweige und der Aorta lagen, ohne dass gewöhnlich irgend eine wichtige Veränderung dadurch verursacht wurde, weder in der Frequenz noch in der Stärke der Ventricular-Contractionen.

Die auf den obigen Seiten beschriebenen Experimente erlauben den Schluss, dass kein Coordinations-Centrum im gewöhnlichen Sinne einer begrenzten Zusammenhäufung von Nervenzellen besteht, sei es im Septum, sei es in irgend einem anderen Theil der Ventricular-Wand.

---

1) Hier nicht näher beschrieben, weil sie einen Theil einer Untersuchung bilden, die in „The Journal of Physiology", Vol. XV, unter dem Titel „On the Results of Ligation of the Coronary Arteries" erschienen ist.

(Aus dem med.-physik. Cabinet zu Königsberg in Pr.)

Ueber die Wärmekontraktur der Muskeln.

Von

A. Gruenhagen.

Von Gottschlich auf Anregung von Heidenhain und Hürthle in diesem Archiv[1]) veröffentlichte thermotonische Untersuchungen haben zwar im wesentlichen nur eine Bestätigung meiner und meines Schülers Samkowy Beobachtungen ergeben, trotzdem aber das Bemühen nicht verkennen lassen sowohl meine Versuchsmethode zu bemängeln, als auch sich mit vermeintlichen Angaben Samkowy's in Widerspruch zu setzen. Die Ausstellungen, die Gottschlich gegen die von mir für zweckmässig befundene Form des Thermotonometers erhebt, beruhen auf einer ganz unbegründeten Unterschätzung von dessen Verwendbarkeit. Es ist natürlich leicht, was Gottschlich meinem Thermotonometer nicht zutraut, ohne wahrscheinlich je mit ihm gearbeitet zu haben, durch zweckentsprechende Zufuhr von Eis oder heissem (vorgewärmtem) Wasser auch sehr rasche Temperaturwechsel im Binnenraum des von mir entworfenen Apparates zu erzielen, bei der naturgemäss nur verhältnissmässig langsam die Umgebungstemperatur annehmenden Muskelmasse zumeist aber ganz überflüssig.

Ausserdem gestattet das von mir empfohlene Thermotonometer, was ich für durchaus nothwendig erachte, wegen der Durchsichtigkeit seiner gläsernen Wandungen eine unmittelbare dauernde Beaufsichtigung des zum Versuche dienenden Muskels, erlaubt ferner ihn jederzeit bestimmten Einflüssen (beispielsweise von Giften) auszusetzen, sowie endlich gewisse unbeabsichtigte Einflüsse, von denen Gottschlich trotz der angeblich grösseren Vielseitigkeit seiner experimentellen Bemühungen nichts zu ahnen scheint, rasch und sicher zu erkennen und ihn denselben zu entziehen — ich meine die lästige und den Versuch störende Ueberrieselung mit herabrinnendem Tropfwasser (destillirtes Wasser), das sich leicht an

1) Bd. 54, S. 159.

der metallenen Deckplatte des Aufhängeraumes ansammelt und längs der Aufhängevorrichtung einschliesslich des Muskels abfliesst. Kurz im allgemeinen scheint mir das von Heidenhain, Hürthle und Gottschlich empfohlene Werkzeug nicht nur keine Vorzüge vor dem meinigen zu besitzen, sondern ihm sogar in mancher Hinsicht erheblich nachzustehen. Doch dies nur beiläufig. Denn im Grunde ist es ja natürlich, wie das eigene Handwerk, so auch das eigene Handwerkszeug für besonders preiswürdig zu halten, obgleich es in der Regel weniger auf dessen Beschaffenheit als auf dessen Gebrauchsweise ankommt. Wichtiger ist es mir die Entstellungen zurückzuweisen, die Samkowy's Angaben und zwar sowohl die seiner vorläufigen Mittheilung[1]), als auch die seiner Dissertation[2]) durch Heidenhain, Hürthle und Gottschlich erfahren haben, die für die Arbeit Gottschlich's aber werthvoll erscheinen mussten, da diese, abgesehen von einigen ja recht verdienstlichen, immerhin jedoch nur nebensächlichen Kleinigkeiten sonst eben gar nichts neues von Bedeutung enthalten haben würde. Die Einsprüche, die ich gegen die Darstellung der Samkowy'schen Mittheilungen durch Gottschlich und seine Lehrer zu erheben genöthigt bin, beziehen sich auf folgende Punkte.

Nach Gottschlich[3]) soll Samkowy behauptet haben, dass die Wärmeverkürzung quergestreifter Muskeln ebenso wie deren Verlängerung bei Abkühlung nur bei noch lebensfähigen, elektrisch erregbaren Muskeln auftrete. Diese Anführung ist falsch. Ich habe Samkowy nichts weiter sagen lassen, als dass zur Entwickelung der in Rede stehenden thermischen Reactionen die Muskeln „lebensfähig“ sein müssten, dass sie auch electrisch erregbar sein müssten, ist ein entstellender Zusatz von Gottschlich oder dessen Lehrern. Durch die von mir wohl erwogene Betonung der Lebensfähigkeit allein sollte kurz und bündig ausgedrückt werden und ist für jeden Lesenskundigen ausgedrückt worden, dass die Wärmeverkürzung und die Kälteerschlaffung der quergestreiften Muskulatur nicht als rein physikalische Vorgänge aufgefasst werden könnten, sondern Lebensäusserungen wären. Für

1) Dies Arch. 1874. Bd. 9, S. 399.

2) Ueber den Einfluss verschiedener Temperaturgrade auf die physiologischen Eigenschaften der Nerven und Muskeln. Berlin 1875.

3) Dies Archiv, Bd. 54, S. 121.

Gottschlich oder dessen Lehrer freilich war es unerlässlich, Samkowy die Behauptung unterzuschieben, dass diese Lebensäusserungen auch in einem unlöslichen Verhältniss zur elektrischen Erregbarkeit der Muskeln ständen, weil sonst nicht wohl gesagt werden konnte, was man in einem späteren Abschnitt der Gottschlich'schen Abhandlung [1]) findet, nämlich: „Von dem Zustand der elektrischen Erregbarkeit ist diese Verkürzung" (gemeint ist die Wärmeverkürzung) „gänzlich unabhängig; sie ist noch sehr lange nach dem Erlöschen der Erregbarkeit gut erhalten. Mit dieser Behauptung stellen wir uns in directen Widerspruch mit den diesbezüglichen Angaben von Schmulewitsch und Samkowy". — Solche „diesbezügliche" (reizendes Wort!) Angaben finden sich bei Samkowy nicht, womit übrigens noch keineswegs das Zugeständniss ausgedrückt sein soll, als ob ich die Ansicht Gottschlich's und seiner Lehrer von der „gänzlichen" Unabhängigkeit thermischer und elektrischer Muskelreaktionen theilte.

Samkowy's gemeinschaftlich mit mir ausgearbeitete vorläufige Mittheilung [2]) enthält vielmehr lediglich den Satz: Ich fand in Uebereinstimmung mit Schmulewitsch, dass die quergestreifte Muskulatur des Frosches — zum Versuche wurde fast ausschliesslich der parallelfasrige Sartorius benutzt — sich bei Erwärmung von 0° bis 32° C. verkürzt und sich bei Abkühlung wiederum verlängert, jedoch nur im Falle, dass sie noch lebensfähig ist. Und in der Dissertation Samkowy's steht folgendes zu lesen: Von den quergestreiften Muskeln des Frosches benutzten wir bei diesen Versuchen auschliesslich den parallelfaserigen Sartorius und fanden in Uebereinstimmung mit Schmulewitsch, welcher sich des Frosch-Gastrocnemius zum gleichen Zwecke bedient hat, dass bei allmählicher Erwärmung in dem oben beschriebenen Apparate von 0° bis auf 32° C. eine deutlich ausgeprägte Verkürzung des aufgehängten Muskels eintrat, welche sofort einer Verlängerung Platz machte, wenn die Temperatur durch Auflegen von Eis auf den Deckel des Innengefässes und den Boden des Umhüllungsraumes erniedrigt wurde.

Der Versuch konnte mehrmals wiederholt werden, so lange der Muskel noch lebensfähig blieb. Liessen wir die für ein kaltblü-

---

1) A. a. O. S. 127.

2) Dieses Archiv 1874, Bd. IX, S. 399.

tiges Thier hohe Temperatur von 32° C. längere Zeit bestehen, oder steigerten wir die Temperatur noch weiter bis auf 38—40° C., so erfolgte bei Abkühlung keine Längenänderung des Muskels. Vielmehr behielt derselbe seine verkürzte Form fortan bei und bewies durch den Mangel jedweder Reaction, selbst auf starke elektrische Reize, dass die Wärmekontraktion unmittelbar in die Wärmestarre übergegangen war. Aehnliche Resultate erhielten wir auch von den quergestreiften Muskeln warmblütiger Thiere (Sternomastoideus des Kaninchens). Auch hier erfolgte Verkürzung bei Temperaturerhöhung, allerdings erst von 16° C. an, und Verlängerung bei Abkühlung; auch hier schlossen unsere Versuche mit einer früher oder später sich entwickelnden Wärmestarre ab.

Die electrische Erregbarkeit des Sartorius und Sternomastoideus prüften wir stets nach ihrer Entfernung aus dem Apparate durch directe Application constanter oder inducirter Ströme. Im allgemeinen stellte sich dabei heraus, dass die musculäre Irritabilität, namentlich bei mehrmaliger Auslösung der Wärmekontraktion, erheblich gelitten hatte, und dass selbstverständlich Inductionsströme keine tetanischen Zuckungen mehr auszulösen vermochten.

Auch starke constante Ströme verursachten öfters bei einmaliger Oeffnung und Schliessung keine Reaction. Dagegen liess sich mit ungemeiner Deutlichkeit die von R. Heidenhain zuerst beschriebene, belebende Wirkung der constanten Ströme wahrnehmen. Dieselbe besteht bekanntlich darin, dass constante Ströme in gewissen Erschöpfungsgraden quergestreifter Muskeln bei Schliessung keine Contraction bewirken, dagegen eine deutliche Oeffnungszuckung hervorrufen, wenn sie längere Zeit hindurch (besonders in aufsteigender Richtung) geschlossen erhalten worden sind. Dementsprechend fanden wir zu wiederholten Malen, dass Schliessung eines starken Stromes von 40 Pincus'schen Elementen ohne Einfluss auf den unseren Wärmeversuchen unterworfen gewesenen Sartorius war, dass dagegen Oeffnungszuckungen mit zunehmender Kraft ausgelöst wurden, wenn der constante Strom einige Zeit die Substanz des Muskels vom Tibial- zum Beckenende durchflossen hatte. Nur in dem einzigen Falle, dass die Muskeln der Wärmestarre anheimgefallen waren, blieb jede Wirkung auch bei dieser Art der Reizung aus. Da die wärmestarren Muskeln, wie oben erwähnt, aber auch durch Temperaturerhöhung beziehungsweise Temperaturabfall keinerlei Dimensionsveränderungen der be-

schriebenen Art erfahren, so liegt es sehr nahe, auch die letzteren als Folge eines durch die Wärme angeregten physiologischen, dem eigentlichen Contractionsvorgange analogen Processes zu betrachten.

Aus welcher dieser Ausführungen Samkowy's Gottschlich und seine Lehrer entnommen haben, dass Samkowy das Bestehen der thermischen an das der electrischen Muskelreaktion geknüpft sein lässt, ist mir unerfindlich. Samkowy hat wohl gezeigt, dass durch thermische Reaktionen wiederholt in Anspruch genommene Muskeln immer noch elektrische Erregbarkeit besitzen und dass wärmestarre Muskeln weder thermisch noch elektrisch erregbar sind, aber die ihm von Gottschlich und dessen Lehrern untergeschobene Behauptung hat er nie ausgesprochen und zwar aus zwei Gründen nicht, wie ich Gottschlich und seinen Lehrern verrathen will, erstens, weil ich meine Schüler anzuhalten pflege, niemals über Dinge etwas auszusagen, die sie nicht experimentell untersucht haben, und eine experimentelle Untersuchung der Frage, ob es zweifellos elektrisch unerregbare Muskeln gäbe, die trotzdem noch thermischer Reaktionen sich erfreuten, hat Samkowy niemals angestellt[1]). In wie weit diese Untersuchung von Gottschlich und seinen Lehrern erledigt ist, vermag ich aber nicht zu übersehen, da sie über die Art, wie sie sich von dem Fehlen elektrischer Erregbarkeit überzeugt haben wollen, keine Auskunft geben. Zweitens war es für Samkowy aber auch deshalb schon ausgeschlossen, Lebensfähigkeit und elektrische Erregbarkeit für einander durchaus parallel laufende Zustände anzusehen, weil er sehr genau wusste, dass man jederzeit lebensfähige Muskeln herstellen kann (nämlich durch Abkühlung glatter oder quergestreifter Muskeln warmblütiger Thiere unter 16° C.), denen sowohl die elektrische Erregbarkeit als auch die Thermoreaktion mangelt, und die beide Reactionsarten wiedererhalten, wenn man sie über 16° C. hinaus erwärmt.

---

1) Ich selbst habe einmal bei andrer Gelegenheit am Sphincter pup. des Rindes durch Buchholz (Das Verhalten des Sphincter irid. verschiedener Thierarten. Dissert. Halle a. S. 1886) untersuchen lassen, wie lange electrische und thermische Erregbarkeit bei diesem Muskel den Tod des Thieres überdauere, und hierbei wurde gefunden, dass beide Arten von Erregbarkeit sogar dem 14 Tage lang in Eistemperatur aufbewahrten Sphincter des ausgeschnittenen Rindsauges noch, allerdings nur in sehr herabgemindertem Grade, erhalten geblieben waren.

Ich hoffe, dies wird genügen, auch Gottschlich sammt Lehrern von der Irrthümlichkeit ihrer Berichterstattung über Samkowy'sche Angaben zu überzeugen und, wenn eine erneute Durchsicht der Samkowy'schen Arbeiten ihnen zu dieser Erkenntniss verholfen haben wird, auch von der Irrthümlichkeit ihres S. 131 gefällten Urtheils, dass Samkowy die thermische Dauerverkürzung, wie Gottschlich den von mir auch als Wärmekontraktur bezeichneten Vorgang benennt, unzweifelhaft zwar gesehen, aber von der Wärmestarre nicht hinreichend getrennt und demnach nicht als einen eigenthümlichen Vorgang erkannt hätte. Abgesehen davon, dass ein solches Urtheil seltsam klingt in dem Munde eines Verfassers, der einige Seiten später[1]) schreibt: „Aus der Begriffsbestimmung der thermischen Dauerverkürzung als einer qualitativ unvollendeten Starre folgt nunmehr unzweifelhaft, dass die ihr unterliegenden Prozesse chemischer Natur sind und zwar frühere Phasen desjenigen Prozesses darstellen, welcher in der Starre mit völliger Gerinnung endet", ist es auch völlig unbegründet, da Samkowy den Vorgang der Wärmekontraktur als einen physiologischen, der Umkehr, d. h. der Lösung, fähigen von dem Zustande der Wärmestarre, als einer Form des Todes, scharf unterschieden hat.

Dies zur Rechtfertigung Samkowy's. Was mich selbst betrifft, so kann ich nur mein Bedauern ausdrücken über die Ungenauigkeit der Gottschlich'schen Citationen und zugleich die Erklärung abgeben, dass ich bei einer an und für sich so durchaus klaren Sachlage einer ja immerhin möglichen Erwiderung Gottschlich's, Heidenhain's oder Hürthle's keine Antwort weiter ertheilen werde. Denn darüber, dass Schmulewitsch die Wärmekontraktur der quergestreiften, ich gemeinschaftlich mit Samkowy die der glatten Muskulatur entdeckt und als einen eigenartigen physiologischen Vorgang erkannt haben, kann kein Zweifel bestehen, und ich muss es entschieden ablehnen, Gottschlich, Heidenhain und Hürthle als Mitentdecker zu begrüssen. Meiner Auffassung des Vorganges habe ich bereits vor Erscheinen der Gottschlich'schen Arbeit im Centralblatt für Physiologie[2]) Ausdruck verliehen.

1) A. a. O. S. 155.

2) A. a. O. Bd. 6, Nr. 26, S. 829.

Ueber die Darstellung und Bestimmung des Glykogens mittelst Trichloressigsäure.

Von

Dr. **Sigmund Fränkel** (Wien).

Im 54. Bd. S. 319 dieses Archives hat J. Weidenbaum die von mir angegebene Methode von Glykogendarstellung einer Prüfung unterzogen und kommt zu dem Resultate, dass sie in allen Punkten völlig unbrauchbar sei. Insbesonders findet er, dass durch Extraktion der Organe mit Trichloressigsäure beträchtliche Mengen Eiweiss in Lösung gehen und zwar um so mehr, je länger er extrahirt, so dass die im Glykogenpräparate enthaltene Eiweissmenge bis gegen **50 %** (!) anwachsen kann. Ferner soll das Glykogenpräparat in Kalilauge gelöst mit Jodquecksilber-Jodkalium und Salzsäure Eiweissfällungen geben und endlich soll ungefähr ein Drittel des Glykogengehaltes in den Muskeln zurückbleiben und nach der Methode von Brücke-R. Külz zu gewinnen sein.

Ich habe darauf zu erwidern:

1) dass die Trichloressigsäure nach den Untersuchungen von Rabe und Obermayer Eiweisskörper mit Ausnahme von Pepton (Leimpepton wird gefällt) vollständig, selbst aus sehr verdünnten Lösungen, abscheidet und sogar die Salpetersäure und Metaphosphorsäure an Empfindlichkeit in der Eiweissfällung übertrifft;

2) dass mit Trichloressigsäurelösungen aus den Organen gewonnene Auszüge keine Trübung oder Fällung mit Salzsäure und Jodquecksilber-Jodkalium geben;

3) dass der bei sorgfältiger Ausführung der Methode (feines Verreiben und öfteres Extrahiren) in den Organen zurückbleibende Glykogenrest, der durch Zerkochen mit Kalilauge zu gewinnen ist, sich auf nur durch Jodreaktion nachweisbare Spuren beschränkt, welcher für die quantitative Bestimmung nicht in Betracht kommt.

Leberglykogenpräparate sind gleich bei der ersten Fällung stickstofffrei. Bei Untersuchung von Muskelglykogen mit Kaliummetall auf Stickstoff nach Lassaigne erhält man eine äusserst geringe Spur Berlinerblau. Ich hatte dieses bei Abfassung meiner Arbeit übersehen, weil ich es versäumt hatte, die Probe bis zum nächsten Tage stehen zu lassen; denn die Menge des entstehenden Berlinerblau ist selbst bei Verwendung grösserer Quantität Substanz, als man sie zu dieser Reaction zu nehmen pflegt, so gering, dass sie sofort überhaupt nicht zu erkennen ist und erst nach längerem Stehen und Absetzenlassen bemerkbar wird. Diese Spuren können auf quantitative Bestimmungen keinen Einfluss üben. Auch diese Spuren lassen sich bei einmaligem Umfällen entfernen. Es genügt dazu das Lösen des Präparates in Wasser und Fällen mit Alkohol. Das in Wasser gelöste Muskelglykogen gibt mit keinem Eiweissfällungsmittel eine Spur einer Reaktion. Daher ist die Spur von Stickstoff in der ersten Fällung auf einen Extractivkörper zu beziehen.

Einander so contradictorisch entgegenstehende Angaben wie meine und die von Weidenbaum können nur auf einem groben Fehler oder Irrthum eines von beiden beruhen.

Worauf es beruht, dass die Methode in den Händen des Herrn Weidenbaum so überraschend schlechte Resultate zu Tage gefördert hat, ob etwa wegen Verwendung eines schlechten Reagens (ein schlechtes Handels-Präparat von Trichloressigsäure, welches Eiweisslösungen nicht fällte, habe ich thatsächlich ein Mal bekommen) oder aus anderen Gründen, wie Ausfällung mit unzureichender Menge Trichloressigsäure [1]), kann ich natürlich nicht wissen.

---

1) Weidenbaum prüft das Filtrat nie daraufhin, ob es mit Trichloressigsäure noch eine Fällung gibt.

(Physiologisches Laboratorium in Bonn.)

Ueber Dr. S. Fränkel's quantitative Analyse des Glykogenes.

Eine Erwiderung.

Von

Dr. **Joseph Weidenbaum.**

Dr. S. Fränkel[1]) in Wien hat bekanntlich eine neue Methode veröffentlicht, welche schnell und genau die Glykogenmengen bestimmen soll, welche sich in den thierischen Geweben befinden. Nach der Behauptung dieses Forschers zieht eine 3—4procentige wässerige Lösung von Trichloressigsäure sehr schnell aus Fleischbrei sämmtliches Glykogen aus, ohne dass Eiweiss gleichzeitig mit in Lösung geht. Wenn Fränkel's Angaben richtig wären, würde darin ein grosser dankenswerther Fortschritt liegen.

Bei der genau nach Fränkel's Vorschriften durchgeführten Untersuchung habe ich[2]) aber gefunden, dass die 3—4procentige Trichloressigsäure nicht bloss Glykogen, sondern auch Eiweiss aus frischem Fleischbreie auszieht. Diese Eiweissmengen sind verschieden je nach der Zahl und Dauer der Extractionen des Fleischbreies. Unter Umständen kann diese Verunreinigung des Glykogenes so bedeutend werden, dass sie ungefähr die Hälfte des Gewichtes im gewonnenen Rohglykogen ausmacht.

Wie ich ferner fand, enthält der auf das Sorgfältigste nach Fränkel's Vorschrift und **viel** häufiger als diese verlangt mit 3—4procentiger Trichloressigsäurelösung ausgezogene Fleischbrei noch sehr grosse Mengen Glykogen, die bis $^1/_8$ der Gesammtmenge betragen können, immer aber so beträchtlich sind, dass sie nicht vernachlässigt werden dürfen, was ich durch zahlreiche Analysen

---

1) (Dies Archiv 52. 125.)

2) Dies Archiv 54.

sicher gestellt habe, bei denen nach Brücke-Külz als Controle der wahre Glykogengehalt festgestellt wurde.

Das Ergebniss meiner Prüfung der neuen Methode von S. Fränkel bestand also darin, dass ich keine der wesentlichen Thatsachen, auf denen sie beruht, bestätigen konnte.

Die in dem vorhergehenden Aufsatze enthaltene gegen mich gerichtete Vertheidigung Fränkel's gipfelt in der Behauptung, dass ich mit einer „schlechten" Trichloressigsäure gearbeitet hätte. Es sollen nach Fränkel solche „schlechten" Trichloressigsäuren im Handel vorkommen, welche daran kenntlich sind, dass sie das Eiweiss unvollständig oder gar nicht fällen. Nach den Untersuchungen von Rabe und Obermayer und nach denen von Fränkel selbst ist aber die Trichloressigsäure eine die eigentlichen Eiweissstoffe vollständig ausfällende Substanz.

Ich will nun beweisen, wie unberechtigt die Behauptung Fränkel's ist, dass wir mit unreinen Reagentien gearbeitet hätten.

Der nächste Schluss bestand für uns natürlich in der Annahme, dass die Trichloressigsäure Fränkel's andere Eigenschaften als unsere von Kahlbaum in Berlin bezogene haben müsse. Nach Schmelzpunkt und Aciditätsbestimmung hatten wir keinen Grund an der Reinheit unserer Trichloressigsäure zu zweifeln. Wir bezogen gleichwohl noch aus der Fabrik von Dr. Cl. Marquardt ein anderes Präparat von Trichloressigsäure, welches sich aber in jeder Beziehung genau so wie das Kahlbaum'sche verhielt.

Da wir aber volle Gewissheit wünschten, ersuchten wir Herrn Dr. S. Fränkel, uns eine Probe der Trichloressigsäure zu schicken, mit welcher er gearbeitet habe. Herr Dr. S. Fränkel war so gütig, nicht bloss aus seinem Laboratorium einige Hundert Gramm zu senden, sondern auch die Fabrik, aus der er bezieht, zur Absendung eines Kilogramms der ächten Fränkel'schen Trichloressigsäure an uns zu veranlassen.

Aeusserlich sehen die beiden Säuren ganz gleich aus. Die Krystalle erscheinen wegen Wasseranziehung etwas zerflossen. Durch den Geruch konnten wir aber Alle im Laboratorium sofort die Kahlbaum'sche und Fränkel'sche Trichloressigsäure von einander unterscheiden. Die erstere riecht aromatisch, etwas an Bittermandelöl erinnernd, die Fränkel'sche ähnlich einer niederen Fettsäure (etwa Buttersäure).

Der Schmelzpunkt beider Säuren wurde zu annähernd 54° C., also ungefähr gleich gefunden.

Nun giebt Beilstein (I. 445) den Schmelzpunkt zu 52,3° C. an.

Nach Fittich (Org. Chem. Auflage 11, Seite 112) schmilzt die Trichloressigsäure erst bei 55 °.

Da diese Säure ganz ausserordentlich begierig Wasser anzieht, wodurch der Schmelzpunkt beeinflusst wird, so dürfte Fittich's Angabe wohl der Wahrheit am nächsten kommen.

Die Aciditätsbestimmung der Kahlbaum'schen Trichloressigsäure durch Titration mit Barytlauge und Rosolsäure als Indicator ergab:

0,5456 gr Trichloressigsäure wird neutralisirt von 0,18688 gr KOH, also:

100 gr Trichloressigsäure gemäss Beobachtung = 34,25 Kalihydrat.
100 „ „ „ Theorie = 34,333 „

Die Aciditätsbestimmung mit Fränkel's Trichloressigsäure: 0,7610 gr erfordern 0,2597 gr KOH, also 100 gr = 34,13 gr KOH.

Bestimmung der Schmelzpunkte und der Acidität gaben also keine sicheren Unterschiede.

Es blieb deshalb nothwendig, beide Säuren der Elementaranalyse zu unterwerfen. Die ungeheuer grosse Wasser anziehende Kraft erfordert natürlich ganz besondere Sorgfalt und geeignete Vorsichtsmaassregeln.

Die Bestimmung des Kohlenstoffs und Wasserstoffs geschah im offenen Rohr mit Anwendung von Bleichromat und Sauerstoffstrom.

Die Bestimmung des Chlors wurde ausgeführt durch Glühen mit chlorfreiem Kalkhydrat, Lösung des gebildeten Chlorids in chlorfreier Salpetersäure und Fällung mit überschüssigem Silbernitrat unter Beachtung der bekannten Vorschriften.

Kahlbaum's Trichloressigsäure.

Elemente	Berechnet	Analyse I	Analyse II	Analyse III
Kohlenstoff	14,71 %	14,72 %	14,74 %	—
Wasserstoff	0,61 „	0,63 „	0,61 „	—
Chlor	65,05 „	65,10 „	65,12 „	65,19 %

Analytische Belege.

Analyse I.

a) 0,1515 gr Trichloressigsäure liefert:

0,0818 gr CO_2 = 14,72 % Kohlenstoff,

0,0095 „ H_2O = 0,63 „ Wasserstoff.

b) 0,2909 gr Trichloressigsäure liefert:

0,76587 gr Chlorsilber = 65,10 % Chlor.

Analyse II.

a) 0,2350 gr Trichloressigsäure liefert:

0,1270 gr CO_2 = 14,74 % Kohlenstoff,

0,0130 „ H_2O = 0,61 „ Wasserstoff.

b) 0,3835 gr Trichloressigsäure liefert:

1,00993 gr Chlorsilber = 65,12 % Chlor.

Analyse III.

0,211 gr Trichloressigsäure in der Wärme (40° C.) getrocknet, so dass bis über die Hälfte des Gewichtes verdunstet war, liefert:

0,5563 gr Chlorsilber = 65,19 % Chlor.

Es ergiebt sich also:

Die Bestimmung des Schmelzpunktes, der Acidität, sowie die elementare Zusammensetzung mit Rücksicht auf Kohlenstoff, Wasserstoff, Chlor beweisen, dass die von der Fabrik Kahlbaum uns gelieferte Trichloressigsäure von geradezu vorzüglicher Reinheit ist.

Wie steht es nun mit Fränkel's Trichloressigsäure?

Fränkel's Trichloressigsäure.

Elemente	Berechnet	Analyse I	Analyse II
Kohlenstoff	14,71 %	14,27 %	14,30 %
Wasserstoff	0,61 „	0,68 „	0,65 „
Chlor	65,05 „	64,62 „	64,64 „

Analytische Belege.

Analyse I.

a) 0,302 gr Trichloressigsäure liefert:

0,158 gr CO_2 = 14,27 % Kohlenstoff,

0,0185 gr H_2O = 0,68 „ Wasserstoff.

b) 0,1765 gr Trichloressigsäure liefert:

0,4612 gr Chlorsilber = 64,62 % Chlor.

Analyse II.

a) 0,155 gr Trichloressigsäure liefert:
0,0813 gr CO_2 = 14,30 % Kohlenstoff,
0,0090 „ H_2O = 0,65 „ Wasserstoff.

b) 0,288 gr Trichloressigsäure liefert:
0,75283 gr Chlorsilber = 64,64 % Chlor.

Unsere Analysen beweisen, dass die Fränkel'sche Trichloressigsäure weniger Kohlenstoff und Chlor und mehr Wasserstoff als chemisch reine Trichloressigsäure enthält. Es ist der Unterschied nicht gross und beträgt für Kohlenstoff und Chlor je knapp 1/2 %. Gleichwohl ist die Verunreinigung sicher nachgewiesen, und demgemäss muss die Verschiedenheit der Wirkung, welche die Fränkel'sche Trichloressigsäure im Vergleich zu der Kahlbaum'schen zeigt, auf einen noch unbekannten, neben der Trichloressigsäure vorhandenen Körper bezogen werden. Weiss man erst sicher, dass das Fränkel'sche Präparat ein Gemenge verschiedener Stoffe ist, so liegt es auf der Hand, dass die im Handel vorkommenden Fränkel'schen Trichloressigsäuren nicht alle gleich stark verunreinigt angenommen werden können. Sie brauchen demnach nicht alle von gleicher Wirkung zu sein. Ich habe auch deshalb auf die Ermittlung der Art und Grösse der Verunreinigung verzichtet, weil ein Nachuntersucher im Handel vielleicht dasselbe Präparat, welches ich analysirte, nicht wieder hätte erhalten können. Es kommt gleichzeitig in Betracht, dass es sich sicher um eine sehr zeitraubende Untersuchung gehandelt haben würde, und dass die genaue Kenntniss der Verunreinigung zur Entscheidung der unmittelbar vorliegenden Streitfrage keine unbedingt nöthige Voraussetzung ist.

Es bleibt mir demgemäss hervorzuheben, dass die Wirkungen der Trichloressigsäure, welche ich bei der Ausführung der Fränkel-schen Glykogenanalyse beschrieben habe, in voller Stärke nur erhalten werden, wenn man die **chemisch reine** Trichloressigsäure anwendet. Fränkel's Behauptung, dass wir mit „schlechter" Trichloressigsäure gearbeitet hätten, erlangt hiermit eine für ihn nicht angenehme Bedeutung.

Wenn nun Fränkel sicher irrt in der Annahme, dass man mit chemisch reiner Trichloressigsäure seine quantitative Glykogenanalyse ausführen könne, so wäre es doch möglich, dass jene ver-

unreinigte Substanz, mit der Fränkel gearbeitet hat, und die er für chemisch reine Trichloressigsäure hielt, die von ihm gerühmten Eigenschaften besässe. Ich habe mich in der That überzeugt, dass die Fränkel'sche sogenannte Trichloressigsäurelösung sich gegen Fleischbrei anders als die reine Trichloressigsäure verhält. Denn der aus Fleischbrei mit der Fränkel'schen Lösung gewonnene Auszug ist nicht so schmierig, leichter filtrirbar und gibt eher ein klares Filtrat. Gleichwohl hat die genaue quantitative Analyse, wie ich sogleich darthun werde, mir gezeigt, dass auch die Fränkel'sche „Trichloressigsäure" zur Bestimmung des Glykogenes in den Muskeln nicht verwandt werden kann.

Neue Versuche mit Trichloressigsäure, die wir der liebenswürdigen Zusendung des Herrn Dr. Fränkel selbst verdanken.

Versuchsreihe I.

(Kaninchenfleisch.)

90 Minuten nach der Tödtung des Thieres nahmen die Analysen ihren Anfang.

A. Analysen nach Fränkel's Methode.

I. Analyse.

Aus 50 gr Fleisch wurde mit 125 ccm 4% Trichloressigsäure das Glykogen extrahirt. Der Fleischbrei wurde dann mit einer verdünnten Trichloressigsäurelösung noch viermal ausgepresst und reichlich nachgewaschen.

Ergebniss:

Aus den 50 gr Fleisch wurden gewonnen 0,1035 gr Glykogen. Der Fleischbrei enthielt also nach Fränkel 0,2070 % Glykogen.

Dieses Glykogen enthielt, wie die Stickstoffbestimmung nach der von P. Argutinsky verbesserten Kjeldahl'schen Methode ergab, 1,4 % N, somit 8,75 % Eiweiss.

Nach Abzug des Eiweiss ist also gefunden 0,189 % Glykogen.

II. Analyse.

50 gr Fleisch behandelt, wie in der I. Analyse.

Ergebniss:

Die aus den 50 gr Fleisch dargestellte Glykogenmenge betrug 0,1045 gr. Das Fleisch enthielt also 0,2090 % Glykogen nach Fränkel.

Die Analyse nach Kjeldahl ergab einen Stickstoffgehalt von 1,44 %. Also war die Substanz verunreinigt durch 9,0 % Eiweiss.

Nach Abzug des Eiweiss ist also gefunden 0,1902 % Glykogen.

Im Mittel wurde also nach Fränkel gefunden 0,1895 % Glykogen.

B. Analysen nach Brücke-Külz.

I. Analyse.

Aus 50 gr Fleisch wurden nach der Methode von Brücke-Külz 0,100 gr stickstofffreies Glykogen extrahirt, entsprechend 0,200 %.

II. Analyse.

Aus 50 gr Fleisch erhielt ich nach der Brücke-Külz'schen Methode 0,102 gr stickstofffreies Glykogen, entsprechend 0,204 %.

Im Mittel wurde also nach Brücke-Külz gefunden 0,202 % Glykogen.

Mit dem Fränkel'schen Reagens sind also 6,2 % der vorhandenen Glykogenmenge nicht gewonnen worden, weil sie in dem Fleischbrei zurückblieben.

Stellen wir übersichtlich die Ergebnisse der ersten Versuchsreihe zusammen:

Der Fleischbrei enthielt nach Fränkel's Methode untersucht im Mittel von 2 Analysen	0,208 %	Glykogen
Der Fleischbrei enthielt nach Brücke-Külz	0,202 %	„
Das nach Fränkel gewonnene Glykogen enthält	1,420 %	Stickstoff
Das nach Brücke-Külz.	0,000 %	„

Weil nach Fränkel mit Fränkel'scher Trichloressigsäure mehr Glykogen gewonnen wurde als nach Brücke-Külz und weil das nach Fränkel gewonnene Glykogen einen recht beträchtlichen Stickstoffgehalt besitzt, ist bewiesen, dass auch durch die Fränkel'sche Trichloressigsäure ein verunreinigtes Glykogen geliefert wird. Wir können also der allgemeinen Behauptung Fränkel's, dass das nach ihm gewonnene Glykogen nur Spuren von Stickstoff enthalte, nicht beipflichten. Dass dieser Stickstoff wesentlich Eiweissstoffen angehört, ist nicht wohl zu bezweifeln. Denn Muskelbrei enthält gelöstes Eiweiss, und gelöstes Eiweiss wird nach den Untersuchungen von Neumeister[1]), W. Saake[2]) und Huppert[3]) nur unvollständig von Trichloressigsäure gefällt. — Ausserdem geben die nach Fränkel dargestellten stickstoffhaltigen Glykogenlösungen Fällungen mit Salzsäure und Kaliumquecksilberjodid.

Wenn also Fränkel behaupten will, dass der Stickstoff seines Glykogenes irgend welchen Extractivstoffen angehörte, nicht aber

1) Neumeister, Lehrbuch der physiol. Chemie, S. 31. (1893)

2) W. Saake, Studien über Glykogen (1893), Ztsch. Biol. 29, S. 480.

3) Ztschr. physiol. Chem. 18, 153 (1893.)

auf Eiweiss zu beziehen sei, so möge er das beweisen. Doch ist die Frage hier nicht von wesentlicher Bedeutung. Denn die Gegenwart des Stickstoffs ist sicher, und die Verunreinigung hierdurch bewiesen.

Es sei für Versuchsreihe I endlich noch darauf hingewiesen, dass der Procentgehalt des Fleisches an Glykogen nach Fränkel's und Brücke's Methode ziemlich denselben Werth liefert. Dabei muss aber festgehalten werden, dass das Fränkel'sche Glykogen stickstoffhaltig, demnach verunreinigt ist, also einen Gewichts-Abzug erleiden muss. Gibt man nicht zu, dass diese Verunreinigung aus Eiweiss besteht, und kennt man also den verunreinigenden stickstoffhaltigen Körper nicht, so lässt sich die Correctur nicht ausführen, d. h. die nahe Uebereinstimmung der beiden Zahlen für den Procentgehalt des Fleisches an Glykogen wird bedeutungslos. Lässt man aber unsere auf sehr wahrscheinlicher Grundlage sich stützende Correctur des Fränkel'schen Rohglykogenes zu, so blieb im Fleischbrei trotz sorgfältigster Auswaschung und wiederholter Auspressung bei Anwendung von Fränkel's Trichloressigsäure:

6,2 %

der gesammten Glykogenmenge zurück.

Versuchsreihe II.

(Kaninchenfleisch.)

2 Stunden nach Tödtung des Thieres wurde das Fleisch in Behandlung genommen.

A. Analysen nach Fränkel's Methode.

I. Analyse.

Glykogenextraction aus 50 gr Fleisch mit 125 ccm 4 % Trichloressigsäurelösung. Mehrfaches Nachwaschen des Fleischbreies mit kleinen Mengen einer verdünnten Trichloressigsäurelösung, bis die Jodreaction nicht mehr zu erkennen war.

Ergebniss:

Aus den 50 gr Fleisch wurden nach der Fränkel'schen Methode extrahirt 0,1925 gr Glykogen, entsprechend 0,385 %. Diese Substanz enthielt aber, wie die Stickstoffbestimmung nach Kjeldahl zeigte, 0,4 % N, also 2,5 % Eiweiss.

Nach Abzug des Eiweiss hat man 0,375 % Glykogen.

II. Analyse.

Nachdem aus 50 gr Fleisch mit 125 ccm 4 % Trichloressigsäure das Glykogen extrahirt war, wurde mit grössern Mengen verdünnter Trichloressigsäurelösung öfters nachgewaschen, obwohl die Jodreaction negativ war.

Ergebniss:

So erhielt ich aus den 50 gr Fleisch 0,1755 gr Glykogen, entsprechend 0,351 %. Der Stickstoffgehalt des Glykogens ergab 0,51 % = 3,2 % Eiweiss. Nach Abzug des Eiweisses hat man 0,3398 % Glykogen.

Im Mittel ist nach Fränkel gefunden 0,357 % Glykogen.

Die Fleischrückstände, aus denen in beiden obigen Analysen nach der Fränkel'schen Methode das Glykogen extrahirt war, kochte ich, um zu erfahren, ob sie glykogenfrei seien, in je 100 ccm 2 % KOH und behandelte sie nach der Methode von Brücke-Külz.

Ergebniss:

Der Rückstand von den 50 gr Fleisch, aus denen nach der Fränkel-schen Methode das Glykogen extrahirt worden war, ergab:

in der I. Analyse 0,1075 gr Glykogen mit 0,0015 gr Asche;
entsprechend 0,212 %,
in der II. Analyse 0,119 gr Glykogen
entsprechend 0,238 %.

Im Mittel waren also nicht ausgezogen: 0,225 % Glykogen.

Controlanalysen nach Brücke-Külz.

I. Analyse.

Aus 50 gr Fleisch wurden extrahirt 0,2855 gr stickstofffreies Glykogen, entsprechend 0,571 %.

II. Analyse.

In 50 gr Fleisch fanden sich 0,288 gr stickstofffreies Glykogen, entsprechend 0,576 %.

Stellen wir die Ergebnisse der Versuchsreihe II übersichtlich zusammen und beachten, dass das Ausziehen des Fleichbreies mit Fränkel'scher Trichloressigsäure nur so lange fortgesetzt wurde, als es der Vorschrift Fränkel's gemäss ist. Der Auszug in dieser Versuchsreihe II ist also viel weniger vollständig als in der vorhergehenden Versuchsreihe I.

Im Mittel enthielt dieses Fleisch nach Brücke-Külz untersucht	0,573 %	Glykogen
Im Fleischbrei blieben unausgezogen, nachdem derselbe vorschriftsmässig nach Fränkel behandelt worden war (analysirt nach Brücke-Külz) . . .	0,225 %	„
Demgemäss hat Fränkel's Methode mit Fränkel'scher Trichloressigsäure zu wenig geliefert von der Gesammtmasse	39,3 %	„

Addirt man die Glykogenmenge, welche nach Fränkel gefunden wurde, nach Abzug des in dieser enthaltenen Eiweisses zu dem in dem Fleischbrei gebliebenen, erst durch die Methode von Brücke-Külz aufgeschlossenen Glykogen, so ergibt sich . . . 0,582 % Gesammtglykogen
Nach Brücke-Külz war gefunden . 0,573 % „

Trotz des Abzugs für Eiweiss ist die Zahl, welche bei Benutzung des Fränkel'schen Verfahrens erhalten wurde, ein wenig grösser als die der Brücke-Külz'schen Methode entsprechende. Die Abweichung beider Zahlen liegt aber wohl nicht weit von den Beobachtungsfehlern.

Als besonders wichtig muss noch hervorgehoben werden, dass, obwohl das Geschäft des Ausziehens des Muskelbreies mit Fränkel-scher Trichloressigsäure so wenig umfänglich als es erlaubt ist, durchgeführt wurde, das erhaltene Glykogen trotzdem im Mittel 0,46 % Stickstoff enthielt, die man nicht mit Fränkel als Spuren bezeichnen kann.

Fassen wir das Ergebniss unserer erneuten Untersuchung zusammen, so ergibt sich:

1. Die Methode von Fränkel liefert auch bei Anwendung von Fränkel'scher Trichloressigsäure nur einen Theil des in den Muskeln enthaltenen Glykogenes. Der Fehlbetrag ist nach der Zahl und Dauer der gemachten Auszüge verschieden.

Auch W. Saake[1]), der in Kühne's Laboratorium die Methode Fränkel's kritisch bearbeitet hat, kommt zu dem Urtheil, dass sie als quantitative Methode zu verwerfen sei, da beträchtliche Glykogenmengen (er beobachtete bis 19,5 % der Gesammtmasse) nicht ausgezogen wurden.

In unserer Versuchsreihe I wurden die Ausziehungen und Auspressungen des Fleischbreies viel ausgiebiger und gründlicher ausgeführt, als es nach Fränkel's Vorschrift nothwendig ist. Dadurch ist dann der in dem Fleischbrei zurückgebliebene Fehlbetrag wesentlich verringert worden, wenn auch nicht zu einem Werthe, der vernachlässigt werden darf. Es entsteht deshalb die Frage, ob nicht durch noch gründlicher fortgesetzte Ausziehungen des

---

1) Saake, Ztschr. Biol. 29, S. 479.

Fleischbreies mit Trichloressigsäure schliesslich die gesammte Glykogenmenge erhalten werden kann? Hier müsste eine erneute Untersuchung einsetzen, welche den Augenblick erkennen lehrt, wann die Ausziehung vollendet ist. Es fragt sich, falls dies gelingt, ob dann die Methode noch einfacher bleibt, als die bewährte von Brücke-Külz.

2. Das nach Fränkel mit Fränkel'scher Trichloressigsäure aus dem Muskelbrei gewonnene Glykogen war entgegen Fränkel's Behauptung ausnahmslos stickstoffhaltig. Der Stickstoffgehalt lag immer weit über dem Werthe, den man mit Spuren zu bezeichnen berechtigt ist und wuchs um so mehr, je nachdrücklicher der Muskelbrei ausgezogen worden war. Zugegeben werden muss aber, dass die Verunreinigung des ausgezogenen Glykogenes mit stickstoffhaltigen Substanzen geringer ausfällt bei Anwendung der Fränkel'schen Trichloressigsäure.

Gleichwohl ist hervorzuheben, dass, wie Fränkel in Folge unserer Einsprache zugibt, Glykogenpräparate, die er früher für stickstofffrei hielt, sich auch ihm jetzt als stickstoffhaltig erweisen. Er stellt die Stickstoffprobe nach Lassaigne jetzt etwas anders an. Fränkel ist aber auch jetzt noch im Irrthum, wenn er auf Grund dieser Lassaigne'schen Probe allgemein den Satz aufrecht erhalten will, dass das nach ihm aus Muskelbrei mit Fränkel-scher Trichloressigsäure erhaltene Glykogen nur Spuren von Stickstoff enthalte.

Der Irrthum, in den Fränkel verfallen ist, liegt in der **unsicheren** Lassaigne'schen Stickstoffprobe, deren allgemeine Berühmtheit mir wohlbekannt ist. Sowie Fränkel den Stickstoff in seinen Glykogenpräparaten auf Grund derselben Lassaigne-schen Probe früher läugnete, in denen er ihn jetzt zugibt, ebenso unterschätzt er jetzt wieder die Menge des Stickstoffs in seinem Glykogen auf Grund derselben Lassaigne'schen Probe.

Unsere Angaben über quantitative Verhältnisse des Stickstoffs stützen sich nicht auf die zweifelhafte Schätzung blauer Körnchen oder Färbungen der Lassaigne'schen Probe, sondern auf die quantitative Analyse nach Kjeldahl, welche an Sicherheit die Lassaigne'sche Probe **sehr weit** übertrifft.

Es bleibt also gewiss, dass das nach Fränkel mit Fränkel-scher Trichloressigsäure aus Muskelbrei erhaltene Glykogen immer und ausnahmslos mehr oder weniger stickstoffhaltig sich erweist.

Dieser Uebelstand liesse sich nun allerdings durch Fällung der unreinen wässerigen Glykogenlösung durch Salzsäure und Kaliumquecksilberjodid heben. Das wäre aber eine Benutzung der Brücke-Külz'schen Methode.

3. Diese Untersuchungen haben den Beweis geliefert, dass der Stoff, mit dem Fränkel gearbeitet hat, und den er für Trichloressigsäure hielt, gar nicht die Zusammensetzung der reinen Trichloressigsäure hat. Die für Fränkel günstigste und auch wahrscheinlichste, wenn auch nicht sicher bewiesene Annahme ist die, dass es sich um eine Trichloressigsäure handelt, die durch einen oder vielleicht auch mehre andere unbekannte Stoffe verunreinigt ist. Wenn die Fränkel'sche sogenannte Trichloressigsäure ein Gemenge ist, so liegt es auf der Hand, dass diese im Handel vorkommenden Gemenge nicht immer dieselbe chemische Zusammensetzung haben müssen. Da aber in der Fränkel'schen sogenannten Trichloressigsäure die Beimengungen einen für die Fränkel-sche Analyse wesentlichen Einfluss ausüben, so lässt sich erwarten, dass verschiedene Handelspräparate auch wesentlich verschiedene Eigenschaften zeigen werden, wenn man die Fränkel'sche Glykogenanalyse mit ihnen ausführen will. Abgesehen hiervon ist es offenbar ganz widersinnig, von einem Präparate bestimmte Eigenschaften zu behaupten, wenn man gar nicht weiss, welche Bestandtheile das Präparat enthält und welche Unterschiede dieser Bestandtheile in den verschiedenen Handelspräparaten vorkommen. Ich kann deshalb nur betonen, dass die Eigenschaften, welche ich von der Fränkel'schen Trichloressigsäure behauptet habe, sich auf die Präparate dieser Trichloressigsäure beziehen, welche ich der gütigen Vermittlung des Herrn Dr. Fränkel selbst verdanke.

Aus diesen Gründen muss man es auch für nicht unmöglich halten, dass Dr. Fränkel bei seiner ersten Untersuchung eine wieder anders zusammengesetzte „Trichloressigsäure" unwissentlich verwandte, die vielleicht alles Eiweiss vollständig fällte und das Glykogen vollständig auszog. Sollte dies der Fall sein, so wäre Dr. Fränkel das Opfer eines ungewöhnlichen Missgeschicks, und sein Irrthum in hohem Grade entschuldbar. —

Es ist mir eine angenehme Pflicht, Herrn Geh. Rath Pflüger dafür meinen innigsten Dank auszusprechen, dass er mir bei vorliegender Arbeit mit Rath und That beigestanden hat. Desgleichen danke ich den Herren Assistenten des physiol. Instituts zu Bonn Dr. Bleibtreu, Dr. Pott, Dr. Schöndorff, durch deren liebenswürdige Unterstützung ich in der Lage war, die sofortige Klarstellung herbeizuführen.

(Med.-chemisches Laboratorium zu Moskau.)

Ein Beitrag zur Gewinnung des Glykogens aus der Leber.

Von

Dr. **Wl. Gulewitsch.**

In den letzten vier Jahren hatte ich die Gelegenheit, ziemlich grosse Mengen von Glykogen aus den Lebern der Hunde zu gewinnen, die im hiesigen Laboratorium der Vivisection unterworfen wurden. Bei der Verarbeitung der Wasserauszüge nach E. Brücke traf mich jedesmal der Uebelstand, auf welchen R. Külz[1]) und E. Pflüger[2]) aufmerksam machen; ich spreche von der Bildung einer starken, milchigen Trübung, nachdem in der Flüssigkeit, bei dem vorsichtigen Zufügen des Brücke'schen Reagens, sich gut und schnell absetzender, flockiger Eiweissniederschlag entstanden ist. Meinerseits kann ich völlig E. Pflüger's Angaben bestätigen, d. h. dass die Bildung der Trübung sehr oft, bei mir sogar bei der Verarbeitung aller Lebern ausnahmslos beobachtet wurde; dass diese Trübung in den Auszügen vorzüglich entsteht, welche durch längeres Kochen der Leber mit Wasser erhalten wurden, folglich relativ seltener in den ersten Auszügen; dass, ist einmal eine solche Trübung erschienen, es sie weder durch weiteres Zufügen der Salzsäure oder des Brücke'schen Reagens, noch durch Neutralisation und nachheriges Ansäuern zu beseitigen gelingt. Bei der Filtration der trüben Flüssigkeit werden die Poren des Filters schnell verstopft, und die Filtration geht sehr langsam vor sich.

Nach einigen misslungenen Versuchen diesen Uebelstand zu beseitigen, habe ich mich überzeugt, dass durch Bildung der Trübung die Darstellung von Glykogen in reinem Zustande gar nicht beeinträchtigt wird. Durch vorsichtiges, abwechselndes Zufügen des

---

1) Zeitschr. f. Biologie, 22, 194.

2) Arch. f. die gesammte Physiol. 53, 491.

Brücke'schen Reagens und der Salzsäure erhält man einen flockigen Niederschlag, den man abfiltrirt, sobald man bemerkt, dass weiteres Zusetzen der Reagentien keinen flockigen Niederschlag mehr giebt, sondern schon den Anfang von Bildung der Trübung hervorruft. Den Niederschlag wäscht man zuerst mit dem mit Wasser verdünnten Brücke'schen Reagens, dann mit Wasser aus, zum Filtrate fügt man noch etwas vom Brücke'schen Reagens und Salzsäure, wobei kein flockiger Niederschlag mehr entstehen muss, und dann, ohne auf die gebildete Trübung Acht zu haben, fällt man das Glykogen mit doppeltem Volum des 95% Alkohols. Nachdem der Niederschlag sich gut abgesetzt hat, dekantirt man die Flüssigkeit zum grössten Theil, filtrirt den Rest ab und verfährt dann wie gewöhnlich. Das ausgewaschene und getrocknete Glykogen löse ich in Wasser, wobei ich eine Flüssigkeit erhalte, die zwar stark opalisirt, doch ganz durchsichtig, ohne irgend eine Spur der Trübung ist. In seltenen Fällen bildet sich beim Stehen der Flüssigkeit ein grauer Niederschlag, wahrscheinlich abhängend davon, dass Spuren von Eiweissstoffen nicht niedergeschlagen wurden oder durch das Filter gingen; man filtrirt ihn ab. Die erhaltene Glykogenlösung giebt nach Zusetzen des doppelten Volums des 95% Alkohols einen ganz weissen und von stickstoffhaltigen Substanzen freien Niederschlag des Glykogens, mit geringem Gehalt an Mineralsalzen.

Eine quantitative Bestimmung des Gehaltes an Glykogen auf die beschriebene Weise auszuführen versuchte ich nicht; weil aber die die Bildung von Trübung bedingende Substanz im Alkohol augenscheinlich löslich ist, so glaube ich, dass dieses Verfahren auch zur quantitativen Analyse verwendbar ist, ohne dass man sich gezwungen findet, sich zu Lösung des Eiweissniederschlages in KOH und zu wiederholtem Niederfällen mit dem Brücke'schen Reagens zu wenden, wie es E. Pflüger empfiehlt.

Zum Schluss muss ich noch bemerken, dass ich auf beschriebener Weise Glykogen nur aus den Lebern, nicht aus anderen Organen gewonnen habe.

(Physiologisches Laboratorium in Bonn.)

Ueber die Analyse des Glykogenes nach Dr. Wl. Gulewitsch.

Von

E. Pflüger.

R. Külz[1]) hat bekanntlich zuerst darauf hingewiesen, dass die Brücke'sche Methode die Gewinnung des Glykogenes zuweilen unmöglich mache, weil sich nach der Fällung des neben Glykogen in Lösung befindlichen Eiweisses eine starke, die Filter verstopfende milchige Trübung einstelle. R. Külz behauptete, durch Neutralisiren der trüben Flüssigkeit und abermalige Fällung die Schwierigkeit, d. h. die Trübung „meist" beseitigt zu haben.

Ich habe vor kurzem[2]) berichtet, dass mir der von R. Külz gemeldetè Uebelstand nicht zuweilen, sondern häufig aufgestossen sei, und dass ich durch das von R. Külz empfohlene Mittel mir niemals eine Abhülfe hätte verschaffen können. Ebendaselbst beschrieb ich, auf welche Weise es mir gelungen sei, jene Schwierigkeit bei der Glykogenanalyse zu beseitigen.

Dr. Wl. Gulewitsch bezeugt in dem vorhergehenden Aufsatze, dass er jener störenden Trübung bei Darstellung von Leberglykogen immer begegnet sei und ebenfalls durch das von R. Külz angegebene Verfahren den Uebelstand nicht zu entfernen vermocht hätte.

Dr. Wl. Gulewitsch hat nun in dem vorhergehenden Aufsatze — unter Benutzung der von mir entdeckten Löslichkeit des trübenden Körpers in Weingeist — ein neues Verfahren mitgetheilt, dem er den Vorzug vor dem meinigen zuerkennt.

Da die Glykogenbestimmung so wichtig ist, so häufig ausge-

---

1) Ztschr. Biol. 22, 192.

2) Dies Archiv 53, 491.

führt werden muss, und heutiges Tages immer noch wegen der Umständlichkeit der sonst so vorzüglichen Brücke-Külz'schen Methode so sehr viel Zeit in Anspruch nimmt, so verdient jeder neue als Verbesserung sich ankündigende Vorschlag unsere vollste Theilnahme und eingehende Prüfung.

Es wird zweckmässig sein, den Gang der Analyse nach meiner und Gulewitsch's Methode nebeneinander zu stellen, so zwar, dass die einzelnen auf einander folgenden Schritte, welche ungefähr gleichviel Zeitaufwand und Mühe erfordern, nebeneinander stehen. So wird sich dann besser vergleichen lassen, welche von den beiden Methoden die einfachere und zuverlässigere ist.

Verfahren nach

Gulewitsch.	Pflüger.
1. Herstellung des wässrigen Auszuges der Organe.	1. Herstellung des wässrigen Auszuges der Organe.
2. Fällung dieses Auszuges mit Salzsäure und Kaliumquecksilberjodid bis zur beginnenden Trübung.	2. Fällung dieses Auszuges mit Salzsäure und Kaliumquecksilberjodid im Ueberschuss bis zu stärkster Trübung.
3. Filtration und Auswaschen des Niederschlages mit Salzsäure und Kaliumquecksilberjodid in verdünnter Lösung.	
4. Nachdem dies trübe Filtrat nochmals mit etwas Salzsäure und Kaliumquecksilberjodid versetzt worden ist, wobei kein Niederschlag mehr entstehen darf, werden 2 Volumina 95 %igen Alkohols zugefügt.	3. Ohne zu filtriren werden zu der Flüssigkeit 2 bis $2^1/_2$ Volumina 95 %igen Alkohols gefügt.
5. Nachdem die Flüssigkeit sich geklärt und der Niederschlag sich abgesetzt hat, wird erstere theilweise decantirt und der Niederschlag dann abfiltrirt.	4. Nachdem die Flüssigkeit sich geklärt und der Niederschlag sich abgesetzt hat, wird erstere theilweise decantirt und der Niederschlag dann abfiltrirt.
6. Das gewonnene Rohglykogen wird nun getrocknet.	

Gulewitsch.	Pflüger.
7. Das getrocknete Rohglykogen wird in Wasser gelöst zu einer opalisirenden Flüssigkeit und stehen lassen, bis das fein vertheilte Eiweiss sich als graues Pulver abgesetzt hat.	5. Der Niederschlag wird in 2 %iger Kalilauge gelöst und mit Salzsäure und Kaliumquecksilberjodid wieder ausgefällt.
8. Filtration und Auswaschen des Niederschlages mit Wasser.	6. Filtration und Auswaschen des Niederschlages mit Salzsäure und Kaliumquecksilberjodid in verdünnter Lösung.
9. Das Filtrat wird mit 2 Volumina 95 %igen Alkohols gefällt u. s. w.	7. Das Filtrat wird mit 2½ Volumina 95 %igen Alkohols gefällt u. s. w. — Die Fällung ist eiweissfrei und enthält nur Spuren von Salzen.

Diese Nebeneinanderstellung der Schritte, welche nöthig sind, um das eine und andere Verfahren durchzuführen, zeigt, dass die Analyse nach Gulewitsch sicher nicht einfacher als die meinige ist.

Denn 5 von den 7 Schritten meines Verfahrens hat, worüber gar kein Zweifel bestehen kann, auch Gulewitsch:

Gulewitsch		Pflüger
Nr. 1	entspricht ganz	Nr. 1
„ 2	„ „	„ 2
„ 4	„ „	„ 3
„ 5	„ „	„ 4
„ 9	„ „	„ 7.

Es bleibt also noch Nr. 5 und 6 meines Verfahrens zu betrachten. Wenn ich die Nr. 7 von Gulewitsch meiner Nummer 5 an die Seite stellte, nachdem Gulewitsch gerade hierin den Nachtheil meiner Methode zu erkennen glaubte, so ist Folgendes zu beachten. Er rühmt von seinem Verfahren, dass es nicht nöthig mache, den Eiweissniederschlag in Kalilauge nochmals zu lösen und zweimal mit Brücke's Reagens zu fällen. Abgesehen davon, dass dies letztere, wie wir sehen werden, nicht wahr ist, habe ich den Schritt 7 und 8 von Gulewitsch nicht nöthig. Sobald ich mein Glykogen mit Alkohol gefällt habe, ist es frei von Eiweiss

und braucht nicht weiter durch eine zeitraubende Behandlung gereinigt zu werden, wozu Gulewitsch gezwungen ist. Die Zeit, die Gulewitsch nöthig hat, um sein Rohglykogen in Wasser aufzulösen und zu warten, ob es allmählich Eiweissgerinnsel absetzen wird, von denen Anfangs Nichts zu sehen ist, nimmt sicher viele Stunden mehr in Anspruch als meine nochmalige Lösung des Eiweissniederschlages in 2 %iger Kalilauge, welche sich sehr schnell vollzieht mit nachfolgender Fällung durch das Brücke'sche Reagens. Diese von mir als Schritt 5 bezeichneten Reactionen sind in wenigen Minuten ausgeführt, während die Lösung des Rohglykogens von Gulewitsch und das Absetzen des Eiweissgerinnsels viele Stunden in Anspruch nehmen müssen.

Ich will endlich wenig Worte darüber verlieren, ob meine Nr. 6 mehr Zeit erfordert als Nr. 8 von Gulewitsch. Denn bei dieser Nr. 8 handelt es sich vielleicht auch um gelöstes Eiweiss, das alle Filtrationen verzögert. Wäre dem aber auch nicht so, so muss Gulewitsch die Verrichtungen, welche von mir bei Nr. 6 zu vollziehen sind, genau ebenso und zwar unter schwierigeren Verhältnissen bei seiner Nr. 3 ausführen.

Das Verfahren von Gulewitsch ist also sicher nicht einfacher als das meinige, sondern umständlicher.

Wenn man ganz hiervon absehen will, bleiben noch einige wesentliche Mängel, welche die Anwendung des Verfahrens von Gulewitsch vollends widerrathen.

Gulewitsch stellt die Bedingung auf, dass, nach der Ausfällung des Eiweiss mit Salzsäure und Kaliumquecksilberjodid das Filtrat hiervon keine flockige Ausscheidung mehr zeigen dürfe, wenn man abermals Salzsäure und Kaliumquecksilberjodid hinzufüge. Es handelt sich in obiger Uebersicht um die Nr. 4 der Analyse von Gulewitsch. Da jene flockigen Niederschläge dadurch bedingt sind, dass das Eiweiss nicht vollständig, wie es sein sollte, anfänglich ausgefällt worden war, und da diese unvollständige Ausfällung des Eiweisses Gulewitsch gezwungen hat, das schliesslich erhaltene Glykogen durch ein zeitraubendes Verfahren auf Verunreinigung durch Eiweiss zu prüfen und die gefundene Verunreinigung zu beseitigen, so ist bewiesen, dass jene flockige Fällung im Filtrat von der ersten Eiweissfällung auf Zusatz des Brücke'schen Reagens nicht bloss von Gulewitsch selbst beobachtet ist, sondern auch, obwohl vorhanden, übersehen werden konnte.

Was heisst es nun, wenn Gulewitsch sagt, dass jene flockige Fällung nicht vorkommen dürfe, da es doch sicher ist, dass sie thatsächlich vorkommt? Es heisst, dass, in dem Falle, wo die flockige Fällung doch vorkommt, in der Methode von Gulewitsch keine Hülfe liegt, um den Uebelstand zu beseitigen.

Gerade um die Beseitigung dieses Uebelstandes handelt es sich aber bei meinem Verfahren, das Gulewitsch verbessern wollte. Dieser Mangel in dem Verfahren von Gulewitsch ist allein genügend, meiner Methode, die keinerlei derartige Ausnahmen kennt, den unbedingten Vorzug zu sichern.

Wenn wir aber auch von diesem Mangel absehen, so bleibt gegen Gulewitsch ein anderes Bedenken, welches sich auf die Gewinnung des Glykogenes bezieht, das von dem ersten Eiweissniederschlage mit niedergerissen und eingeschlossen worden ist. Da deshalb der auf dem Filter befindliche Niederschlag mit Salzsäure und Kaliumquecksilberjodid ausgewaschen werden muss, so erscheint, sobald dies ausgeführt wird, die milchige Trübung, von der es bekannt ist, dass sie das Filter verstopft. Ich weiss aus Erfahrung, dass, wenn auch die Verstopfung keine vollständige ist und die Filtration nur erschwert erscheint, dadurch die Gewinnung des gesammten auszuwaschenden Glykogenes bereits in Frage gestellt wird.

In gleichem Sinne wirkt eine andere Erscheinung, mit der ich den Leser hier bekannt machen will. Wenn man zu diesen hier in Betracht kommenden Glykogenlösungen nur soviel Salzsäure und Kaliumquecksilberjodid fügt oder ein bischen weniger, als nothwendig ist, damit die erste Spur der milchigen Trübung erscheine, dann schwimmt das gefällte Eiweiss in lockeren Flöckchen in einer ganz wasserklaren durchsichtigen Flüssigkeit, die sich sehr leicht abfiltriren lässt. Setzt man nun, um die letzten Spuren von Eiweiss auszufällen, noch mehr Salzsäure und Kaliumquecksilberjodid zu, so wird nicht bloss die Flüssigkeit jetzt weiss wie Milch, sondern der Eiweissniederschlag schrumpft stark, wird zähe, klebrig wie Harz oder Pech und hängt an den Wänden des Gefässes und des umrührenden Glasstabes fest. Gleichzeitig erscheinen harzige Tröpfchen, welche die innere Oberfläche des Glases verschmieren und sich nachträglich aus der milchigen Flüssigkeit noch ausgeschieden zu haben scheinen. Dass sich mit demselben Reagens, das diese pechige Beschaffenheit des Eiweissniederschlages er-

zeugte, das von dem letzteren eingeschlossene Glykogen auswaschen lasse, ist sehr fraglich. — Wenn nun auch bei dem Verfahren von Gulewitsch der grösste Theil des trübenden Körpers entfernt worden ist, ehe das Auswaschen des Niederschlages mit Brücke's Reagens beginnt, so ist doch der Uebelstand schwerlich ganz beseitigt. Bei meinem Verfahren sind alle diese Schwierigkeiten überhaupt nicht vorhanden.

Ein dritter Mangel liegt darin, dass Gulewitsch — weil er anfänglich das Eiweiss unvollständig ausfällt oder doch kein sicheres Kennzeichen hat, dass er es vollständig abschied — gezwungen ist, das schliesslich erhaltene Glykogen auf Verunreinigung mit Eiweiss zu prüfen und die gefundene Verunreinigung durch Absitzenlassen zu beseitigen. Da diese sich abscheidenden Eiweissflocken nur sehr allmählich aus einer Flüssigkeit erhalten werden können, die anfänglich keine Flocken, nur Trübung zeigte, so wird gewiss jeder Chemiker sich nicht für überzeugt halten, dass in diesen Flocken das sämmtliche Eiweiss der Flüssigkeit enthalten sei. Die Flocken beweisen, dass Gulewitsch ursprünglich das Eiweiss unvollständig ausgefällt hat. Demnach muss die Möglichkeit zugegeben werden, dass bei der letzten Reinigung des Glykogenes nicht nur unlösliches, sondern auch lösliches Eiweiss zu berücksichtigen sei. Es ist also nothwendig, zur Sicherheit die Lösung des Rohglykogens nochmals mit Salzsäure und Kaliumquecksilberjodid zu fällen, um die letzten Spuren von Eiweiss zu entfernen. Demgemäss sind bei dem Verfahren von Gulewitsch auch 2 Eiweissfällungen nöthig. Er rühmt aber gerade dies als Vortheil seiner Methode, dass er nicht wie ich das Eiweiss 2 Mal auszufällen brauche.

Aus allen angeführten Gründen ergibt sich, dass das Verfahren von Gulewitsch nicht bloss umständlicher, sondern auch weniger genau als das meinige sich erweist, ja unter Umständen ganz versagt.

Nachschrift als vorläufige Mittheilung.

Ich möchte nicht versäumen, in der Form einer **vorläufigen Mittheilung** eine Beobachtung mitzutheilen, welche nicht bloss die Hoffnung bietet, die Glykogenanalyse bei Vorkommen des trübenden Körpers bedeutend zu vereinfachen, sondern auch ein Licht auf den Widerspruch wirft, der zwischen den Angaben von R. Külz und denen von mir und Gulewitsch besteht.

Im vorigen Winter beobachtete ich, dass Herr Dr. P. Argutinsky, als er in meinem Laboratorium viele Glykogenbestimmungen von Hunde-, Ochsen- und Taubenfleisch nach der Methode von Brücke-Külz ausführte, fast immer keine störende milchige Trübung erhielt, wenn er mit Salzsäure und Kaliumquecksilberjodid die in 2%iger Kalilauge gelöste Muskelmasse nach Neutralisation ausfällte. Ich überzeugte mich, dass das wasserklare Filtrat bei erneutem Zusatz des Brücke'schen Reagens keine Spur von Trübung gab. Ich wusste nun und überzeugte mich durch den Versuch, dass, wenn ich statt Dr. Argutinsky die Fällungen in derselben Flüssigkeit ausgeführt haben würde, jene störende milchige Trübung sicher eingetreten sein würde. Als ich Acht gab, worin der Unterschied in dem Verfahren von Argutinsky und mir bestehe, sah ich, dass er auch vorschriftsmässig abwechselnd mit Salzsäure und Kaliumquecksilberjodid fällte. Da ja aber sehr grosse Mengen von Salzsäure und Kaliumquecksilberjodid nöthig sind, gebrauchte Argutinsky bei jedem Zusatz sehr viel grössere Mengen des Brücke'schen Reagens, erzeugte also jedesmal sehr viel mächtigere Fällungen als ich, wobei natürlich schliesslich ein starker Ueberschuss von Salzsäure wohl vorkommen kann, was vielleicht nicht unbedenklich ist. Um dies zu vermeiden, war ich immer bei der Ausfällung des Eiweiss mit kleinen Schritten vorgegangen. Ich erkläre mir diese Erscheinungen folgendermaassen.

Wenn ich zu einer Lösung von Chlornatrium und neutralem Natriumchromat einen Tropfen Silbernitrat füge und umschüttele, so erhalte ich einen weissen Niederschlag von Chlorsilber und alles zugefügte Silber hat sich nur mit dem Chlor verbunden. Setze ich weiter Silberlösung hinzu, so beobachte ich so lange dasselbe, das heisst die Bildung von Chlorsilber, als noch eine Spur von Chlornatrium neben dem Chromat in Lösung ist. Von dem Augenblick an, wo die letzte gelöste Menge von Chlor gefällt ist, bringt ein neuer Tropfen Silberlösung eine rothe Farbe in der Flüssigkeit hervor, weil sich jetzt das Silber mit der Chromsäure zu rothem Silberchromat verbindet. Die rothe, auch beim Umschütteln bleibende Farbe wird also erst erzeugt, wenn eine im Verhältniss zum Chlornatrium überschüssige Silbermenge der Flüssigkeit zugesetzt worden ist.

Gleichwohl beobachtet man, dass schon der erste Tropfen Silberlösung, welcher in eine Flüssigkeit fällt, welche Chloride

und neutrale Chromate nebeneinander enthält, sofort einen rothen Fleck an der Stelle der Flüssigkeit erzeugt, auf die er fiel. Denn an der kleinen Stelle der Flüssigkeit ist so wenig Chlorid, dass zu dessen Sättigung das im Tropfen enthaltene Silber mehr als ausreicht, also auch noch auf das Chromat wirkt. — Gleichzeitig dürfte aber noch in Betracht kommen, dass die in dem Tropfen gelösten Silberatome, welche in die zu titrirende Flüssigkeit eindringen, nicht nothwendig alle zuerst nur auf Chloratome stossen; einzelne Silberatome werden im ersten Augenblick auch auf Chromat treffen und also rothes Silberchromat bilden. — Beim Umschwenken zersetzt aber das überschüssige Chlornatrium schnell das Silberchromat wieder.

Ganz Aehnliches kommt nun bei der Glykogenanalyse vor, wenn der trübende Körper vorhanden ist.

Fällt man, wie ich es bisher that, durch häufig wiederholten Zusatz jedesmal kleiner Mengen des Brücke'schen Reagens, so wird zuerst fast nur Eiweiss ausgefällt und erst zuletzt scheidet sich der die Trübung bedingende Körper ab. — Sobald man aber jedesmal eine grosse Menge des Brücke'schen Reagens in die Eiweissglykogenlösung giesst, wird das Reagens an gewissen Stellen der Flüssigkeit im Ueberschuss vorhanden sein, also daselbst nicht bloss das gesammte Eiweiss ausfällen, sondern auch den trübenden Körper. Weil beide fast gleichzeitig aus dem gelösten Zustande austreten und wegen der grossen Menge des Fällungsmittels sehr viel Eiweiss sich abscheidet, so schliesst dies den trübenden Körper ein und reisst ihn mit nieder. Durch Wiederauflösung des gefällten Eiweisses und erneute abgeänderte Fällung haben wir uns davon überzeugt, dass der trübende Körper in dem Niederschlage wirklich enthalten war.

Damit in Uebereinstimmung ist auch die Art, wie ich mir früher zu helfen suchte, wenn ich die milchige Trübung bei der Glykogenanalyse beobachtete. Ich setzte eine grössere Menge von Hühnereiweiss zu der trüben Flüssigkeit, rührte gut um und fällte rasch und massig das Eiweiss mit dem Brücke'schen Reagens. Ich erreichte hierdurch nicht immer, aber doch oft meinen Zweck.

Es ist nun meine Absicht, in nächster Zeit auf Grund der mitgetheilten Thatsachen und Gesichtspunkte durch eine eingehende Untersuchung den einfachsten und sichersten Weg für die Analyse des Glykogenes bei Gegenwart des trübenden Körpers festzustellen.

(Aus dem physiologischen Institut in Bonn.)

Widerlegung der Einwände des Herrn H. J. Hamburger gegen das Prinzip der von L. Bleibtreu und mir begründeten Methode der Blutkörperchenvolumbestimmung.

Von

Dr. **Max Bleibtreu.**

In einem der letzten Hefte des „Centralblattes für Physiologie“ (17. Juni 1893, Heft 6) hat H. J. Hamburger unter dem Titel „Die physiologische Kochsalzlösung und die Volumbestimmung der körperlichen Elemente im Blute“ prinzipielle Einwände gegen die im Jahre 1891 (51. Band dieses Archivs) von L. Bleibtreu und mir veröffentlichte und seitdem mehrfach erprobte Methode zur Bestimmung des Volums der körperlichen Elemente im Blut erhoben; die vollständige Grundlosigkeit dieser Einwände beabsichtige ich in den folgenden Zeilen darzulegen.

Unsere Methode beruht darauf, dass mehrere Mischungen von Blut mit 0,6procentiger Kochsalzlösung in verschiedenen bekannten Volumverhältnissen angefertigt und nach dem Absetzen der Blutkörperchen der Stickstoffgehalt der mit der Pipette abgehobenen körperchenfreien Flüssigkeit bestimmt wird; durch Vergleichung je zweier dieser Stickstoffgehalte untereinander oder mit dem Stickstoffgehalt des unvermischten Serums erhält man je einen Ausdruck für das Volum des Serums bzw. des der körperlichen Elemente in einem Volum Blut. Wegen der einfachen analytischen Ausdrücke, welche zu dieser Berechnung führen, verweise ich auf unsere früheren Aufsätze in diesem Archiv (Band 51, S. 151, Band 54, S. 1).

Grundlage dieser Berechnung war die Annahme, dass bei der Vermischung des Blutes mit 0,6procentiger Kochsalzlösung sich die zugesetzte Salzlösung nur mit dem in dem Blut vorhandenen Serum vermische (also die Flüssigkeit mit der Flüssigkeit) und dass die Blut-

körperchen dabei unverändert bleiben. Wenn diese Voraussetzung zutreffend war, so musste die Methode, welche den Vorzug hat, sich selbst zu controliren, indem sie, sobald mehr als eine Mischung angewandt wird, mehrere Werthe für die gesuchte Grösse gibt, untereinander genau übereinstimmende Werthe geben und diese Werthe müssen der richtige Ausdruck für das Volum der körperlichen Elemente sein.

Der thatsächliche Erfolg war nun bei den Mischungsverhältnissen, wie wir sie anzuwenden pflegten, eine ausgezeichnete Uebereinstimmung. Sobald aber statt der 0,6procentigen Kochsalzlösung eine Salzlösung benutzt wurde, von der es bekannt war, dass sie die Blutkörperchen in ihrem Volum nicht unverändert lässt, — Magnesiumsulfatlösung —, hörte diese Uebereinstimmung auf. Bei den Mischungen mit 0,6procentiger Kochsalzlösung aber ging der Grad der Uebereinstimmung so weit, dass man im Stande war, nachdem man durch zwei Mischungen das Volum der Körperchen bestimmt hatte, nun den Stickstoffwerth des Serums rückwärts zu berechnen und denselben dadurch ebenso genau zu finden, als wenn man das Serum direkt analysirt hätte.

Man vergleiche in dieser Beziehung nur die in unseren früheren Veröffentlichungen vorgerechneten Beispiele (54. Bd. dieses Arch. S. 5, 51. Bd. S. 173) und versuche, das aus den Mischungen berechnete Volum der Körperchen auch nur um ein Geringes zu vergrössern oder zu verkleinern, und man wird sich davon überzeugen, dass dann diese Uebereinstimmung nicht mehr stattfindet.

Wenn darin auch schon die zweifellose Gewähr für die Richtigkeit der mit unserer Methode gefundenen Zahlen für das Volum der körperlichen Elemente lag und damit auch die Unbedenklichkeit der der Methode zu Grunde liegenden Voraussetzung vom Intaktbleiben der rothen Blutkörperchen bei den angewandten Mischungen mit 0,6procentiger Kochsalzlösung sicher gestellt war, so hatte ich es doch für zweckmässig gehalten in meiner letzten Abhandlung („Ueber die Wasseraufnahmefähigkeit der rothen Blutkörperchen etc." 54. Bd. S. 1 dieses Archivs) auch noch von einer ganz anderen Seite her die Richtigkeit unserer Methode zu prüfen und zu diesem Zweck eine vergleichende Controlbestimmung nach der Hoppe-Seyler'schen Decantationsmethode ausgeführt, welche auf ganz anderen Prinzipien beruht, und war dabei zu fast absolut übereinstimmenden Werthen gelangt.

Meinen Ausführungen in der erwähnten Abhandlung habe ich nichts hinzuzufügen; ich glaube, dass Niemand, der dieselbe mit Aufmerksamkeit durchgelesen hat, daran zweifeln wird, dass die Voraussetzung, auf der unsere Methode beruht, richtig ist; diese Voraussetzung besteht aber darin, dass bei den Mischungsverhältnissen, wie wir sie angewandt haben, eine Veränderung des Volumens und des Stickstoffgehaltes der rothen Blutkörperchen in einem nachweisbaren Maassstabe nicht stattfindet. Die Indifferenz der rothen Blutkörperchen gegen physiologische Kochsalzlösung haben wir nur in diesem Maassstabe behauptet und nicht bloss behauptet, sondern auch in aller Strenge bewiesen. Wenn Hamburger in seinen Bemerkungen sagt, dass unsere Voraussetzung nicht zutreffend sei, so übersieht er dabei, dass es uns durchaus nicht eingefallen ist, zu behaupten, dass die 0,6procentige Kochsalzlösung, in jedem Verhältniss beigemischt, absolut indifferent gegen die rothen Blutkörperchen sich verhalte. Lange ehe Hamburger seine Bemerkungen über unsere Methode veröffentlichte, habe ich mich darüber in dem erwähnten Aufsatz „Ueber die Wasseraufnahmefähigkeit der rothen Blutkörperchen etc.“ mit folgenden Worten ganz deutlich ausgesprochen: „Die Concentration der physiologischen Kochsalzlösung stellt also die Grenze dar, bei welcher das Diffusionsgleichgewicht für Gewebselemente und umgebende Flüssigkeit hergestellt ist. Dass dieses Gleichgewicht natürlich kein absolutes ist und dass doch ein kleiner Austausch von colloiden oder krystalloiden Substanzen gegen Wasser herüber oder hinüber stattfinden kann, dass auch nicht immer 0,6% Kochsalz der richtige Concentrationsgehalt für „physiologische“ Kochsalzlösung ist, mag zugegeben werden; jedenfalls treten nachweisbare Veränderungen bei Zusatz von nicht allzu grossen Mengen 0,6procentiger Kochsalzlösung nicht ein.“ Wir haben ausserdem ausdrücklich eine Grenze für den Maassstab der Verdünnung vorgeschrieben, nämlich die Verdünnung von Blut und 0,6procentiger Kochsalzlösung zu gleichen Theilen. Ich glaube zwar, dass man mit der Verdünnung noch weiter gehen könnte, ohne dass die Richtigkeit unserer Voraussetzung gefährdet würde. Indessen haben wir es, nachdem wir einmal bei bedeutend stärkerer Verdünnung abweichende Resultate erhalten hatten, der Vorsicht halber für richtiger gehalten, sich mit dieser Grenze der Verdünnungsverhältnisse zu begnügen. Die gute Uebereinstimmung unserer

Resultate glaubt nun Hamburger damit erklären zu können, dass wir „gewöhnlich weit unter dieser Grenze geblieben" seien. Das ist ein Irrthum. Sowohl in unserer ersten Veröffentlichung[1]), als auch in den nach unserer Methode ausgeführten Versuchen von Lange[2]), von Wendelstadt und Bleibtreu[3]), sowie in einer grösseren Anzahl noch unveröffentlichter Versuche von mir selbst ist das Verdünnungsverhältniss 1 : 1 sehr häufig, ja (wegen einer kleinen Vereinfachung der Berechnung) sogar mit Vorliebe benutzt worden. Ich habe bei allen Versuchen die Erfahrung gemacht, dass die Genauigkeit der erzielten Resultate ausschliesslich davon abhängt, dass die Abmessungen sehr genau ausgeführt und die Stickstoffanalysen richtig gemacht werden, nicht aber davon, ob man mit den Mischungsverhältnissen mehr oder weniger nah an die von uns gezogene Grenze herangeht. Die Abmessungen wird man aber bei Aufmerksamkeit und einiger Uebung sehr leicht mit der nöthigen Genauigkeit ausführen können und die überaus grosse Schärfe der Kjeldahl'schen Analyse sichert davor, dass die zulässige Fehlergrenze in der Stickstoffanalyse nicht überschritten wird. Wer sich aber vor der Weite der von uns gezogenen Grenze scheut, mag immerhin die Grenze enger ziehen, etwa bis zum Verhältniss 2 Kochsalzlösung : 3 Blut, ohne dass das der Genauigkeit der Resultate den geringsten Eintrag thut. Ich hebe das ausdrücklich hervor, um eine Bemerkung Hamburgers richtig zu stellen. Er sagt: „Sie bleiben dann auch gewöhnlich weit unter dieser Grenze und dem wird man es wohl zuschreiben müssen, dass ihre Controlversuche befriedigend ausfallen. Indessen darf man nicht vergessen, dass — die Autoren heben es selbst hervor — bei der Anwendung von relativ geringen Mengen Salzlösung kleine Versuchsfehler einen grossen Einfluss auf die Resultate ausüben müssen." Auch dieses ist ein Irrthum. Wir haben lediglich davon gesprochen, S. 172, dass die Fehler bei unserer Methode wachsen, je näher die Concentrationsgrade der Mischungen beieinander liegen, und dass im Allgemeinen die aus Vergleichung je einer Mischung mit dem Serum erhaltenen Resultate aus diesem Grund genauer ausfallen, als die aus Vergleichung der Mischungen

1) Dieses Arch. Bd. 51.

2) Dieses Arch. Bd. 52.

3) Dieses Arch. Bd. 52.

untereinander. Man wird z. B. nicht zweckmässig die Mischung 4:5 und 5:6 miteinander vergleichen. Aber der Spielraum, den man vom unverdünnten Serum bis zum Mischungsverhältniss 1:1 oder, wenn man lieber will, 2:3 hat, genügt vollauf, um die genauesten Resultate zu erhalten. Dass die sehr nahe aneinanderliegenden Concentrationsgrade bei ihrer Vergleichung untereinander von grösseren Fehlern bedroht werden, ist eine so selbstverständliche Folge der Form der benutzten analytischen Ausdrücke, dass ich mir ein näheres Eingehen darauf ersparen kann.

Ich habe also bezüglich der Einwände Hamburger's bisher festgestellt, erstens, dass hinsichtlich der prinzipiellen Frage, ob die 0,6procentige Kochsalzlösung eine absolut indifferente Flüssigkeit für rothe Blutkörperchen sei, eine Meinungsverschiedenheit zwischen uns nicht besteht, indem ich das, was Hamburger anführt, schon lange, ehe er seine Bemerkungen veröffentlicht hat, zugegeben habe, zweitens aber, dass in der von uns für die Mischungsverhältnisse gezogenen Grenze eine verändernde Einwirkung der 0,6procentigen Kochsalzlösung auf die rothen Blutkörperchen weder hinsichtlich ihres Volums, noch hinsichtlich ihres Stickstoffgehaltes nachgewiesen werden kann. Es findet weder eine Wasseraufnahme von 115% statt, wie sie von Lackschewitz behauptet worden ist, noch auch eine solche von 11%, wie Hamburger sie behauptet. Im letzteren Punkt besteht die Differenz zwischen Hamburger und uns, indem Hamburger durch einen „einfachen Versuch“ bewiesen zu haben meint, dass bei der Vermischung von Pferdeblut mit 0,6procentiger Kochsalzlösung zu gleichen Theilen das Volum der Blutkörperchen um 11% zugenommen und der Eiweissgehalt des Serums durch Eiweissaustritt aus den Blutkörperchen um 3,5% sich vermehrt habe.

Dieser ganze Versuch Hamburger's beweist nichts, weil er sich auf eine allerdings sehr einfache, aber trotzdem **grundfalsche** Methode der Bestimmung des Volums der Blutkörperchen stützt.

Ich lasse hier die Beschreibung des Versuchs wörtlich folgen:

„Es werden viermal 40 ccm defibrinirtes Pferdeblut abge-„messen; die erste Portion (1) wird versetzt mit 40 ccm des dazu-

„gehörigen Serums, die zweite (2) mit 40 ccm einer 0,6procentigen „NaCl-Lösung, die dritte (3) mit 40 ccm einer 1procentigen NaCl-„Lösung, und die vierte (4) mit 40 ccm einer Mischung von 30 ccm „Serum + 10 ccm Wasser.

„Alle vier werden in calibrirten Gläschen centrifugirt, so lange „bis die Blutkörperchenmasse keine Volumsabnahme mehr zeigt. „In jedem Reservoir wird nun das Volum der körperlichen Ele-„mente abgelesen; dann wird die klare, absolut nicht röthliche „Flüssigkeit abgehoben und analysirt.

Versuch.	Volum der körperlichen Elemente in 40 ccm Blut. ccm	gr Eiweiss im Serum von 40ccm Blut (berechnet mit Hilfe der vorigen Spalte).
„1. 40 cm³ Blut + 40 cm³ „Serum	13,5 (Normal)	1,142
„2. 40 cm³ Blut + 40 cm³ „NaCl-Lösung von 0,6 %	15	1,188
„3. 40 cm³ Blut + 40 cm³ „NaCl-Lösung von 1 %	13,1	1,105
„4. 40 cm³ Blut + (30 cm³ „Serum + 10 cm³ Wasser)	14,1	1,176“

Ich kann die Bemerkung nicht unterdrücken, dass ich im höchsten Grade erstaunt war, dass Hamburger die zweite Colonne dieser Tabelle „Volum der körperlichen Elemente in 40 ccm Blut“ überschrieben hat.

Was hat denn überhaupt das Volum des Bodensatzes, welchen man beim Centrifugiren erhält, mit dem Volum der Blutkörperchen zu thun?!

Doch nichts, und weiter gar nichts, als dass man sicher weiss, dass das Volum der Blutkörperchen kleiner ist als dieses Volum. Um wieviel kleiner, ist vollständig unbekannt. In seiner Abhandlung „Ueber die Wasseraufnahmefähigkeit der rothen Blutkörperchen etc.“ [1]) führt Lackschewitz (S. 22) einen Versuch am Hund an, dem er 10 % seiner präsumptiven Blutmenge an physiologischer Kochsalzlösung eingespritzt hatte. In der alsdann entnommenen Blutprobe gelang

1) Inaug. Diss. Dorpat 1892.

es ihm trotz zweistündigen Centrifugirens nicht, überhaupt Serum zu erhalten. Daraus zog er den Schluss, die rothen Blutkörperchen hätten soviel Wasser aufgenommen, dass das Serum gerade noch ausgereicht hätte, die Intercellularräume auszufüllen. Ganz dieselbe Art der Schlussfolgerung befolgt Hamburger! Ja noch mehr, nach Hamburger hätte Lackschewitz aus diesem Versuch den Schluss ziehen müssen, das Volum der Blutkörperchen sei 100 % geworden, Serum sei überhaupt nicht mehr vorhanden gewesen.

Schon aus diesen ganz widersinnigen Consequenzen, zu denen die Annahme führt, dass man durch Centrifugiren des Blutes in der Grösse des Bodensatzes ein auch nur einigermaassen zuverlässiges Maass für das Körperchenvolum gewinnen könne, zeigt deutlich, dass diese Annahme falsch sein muss.

So viel ist zunächst von vornherein ganz klar, dass zwischen den Blutkörperchen immer noch Zwischenräume bleiben, die mit Flüssigkeit angefüllt sind, dass das Volum der Körperchen in jedem Falle kleiner ist, als das Volum des Bodensatzes. Selbst diese ganz selbstverständliche Sache wird von Hamburger ausser Acht gelassen. Nun ist aber die weitere Frage: Hat man irgend einen Grund anzunehmen, dass das wirkliche Volum um einen gewissen festen Procentsatz kleiner sei als der kleinste Bodensatz, den man durch Centrifugiren erreichen kann? Gibt es überhaupt irgend eine sichere Beziehung zwischen der Grösse der Senkungsschicht und dem Volum der Blutkörperchen?

Diejenigen, welche ohne Weiteres derartige Methoden der Bestimmung des Blutkörperchenvolums für zulässig halten, haben diese Frage gar nicht geprüft, sondern einfach angenommen, es sei der Bodensatz, wenn auch nicht geradezu gleich (wie Hamburger es thut!), so doch mindestens proportional dem Volum der Blutkörperchen, so dass man in der Senkungsschicht wenigstens ein relatives Maass für das Körperchenvolum hätte. Die älteren Forscher, die sich mit der Zusammensetzung des Blutes beschäftigt haben, wie Carl Schmidt und Welcker, haben sich die grösste Mühe gegeben, die Grösse des Volums der Körperchen zu ermitteln; hinsichtlich der Grösse der Senkungsschicht haben sie sich aber stets sehr bescheiden dahin ausgesprochen, dass deren Grösse insofern in Betracht zu ziehen sei, als sie eine obere Grenze für die Grösse des Körpenchenvolums darstelle. Auch

nachdem von Bunge die Centrifuge zur Beschleunigung der Bildung der Senkungsschicht empfohlen worden war, haben die Physiologen dieses Mittel nur dazu benutzt, auf schnellere und bessere Weise Serum zu erhalten. Dass man ohne weiteres die Grösse der Senkungsschicht als Blutkörpenchenvolum bezeichnen könne, ist erst eine Entdeckung der Neuzeit.

Dass die Senkungsschicht der Blutkörperchen nicht in einem bei allen Thierarten gleichen festen Verhältniss zum wirklichen Volum der Körperchen steht, geht schon aus der ungemein grossen Verschiedenheit hervor, mit welcher sich der Senkungsprocess bei dem Blut der verschiedenen Thierarten vollzieht. Beim Pferdeblut sehen wir diesen Prozess sich vor unsern Augen schon oft innerhalb von Minuten vollziehen und meist in 24 Stunden vollständig zu Ende laufen, so dass eine weitere Verkleinerung der Bodensatzschicht nicht mehr eintritt; beim Schweineblut aber kann man oft mehrere Tage lang warten, bis das sich selbst überlassene Blut sich soweit abgesetzt hat, dass man beträchtlichere Mengen Serum abheben kann. Noch viel langsamer verläuft der Vorgang beim Rinderblut. Schweineblut und Rinderblut mag man noch so lange stehen lassen, man wird niemals beobachten, dass sich die Körperchen auch nur annähernd so vollständig absetzen wie bei einem Pferdeblut von gleichem Körperchengehalt.

Wie ist diese Erscheinung zu erklären? Jedenfalls nicht durch eine Verschiedenheit des specifischen Gewichtes, indem man für die Pferdeblutkörperchen ein bedeutend höheres specifisches Gewicht annimmt, als für Schweineblutkörperchen. Denn das specifische Gewicht der letzteren ist nur unbedeutend niedriger als das der ersteren. Das specifische Gewicht der Blutkörperchen des Pferdes hatte in 7, theils von L. Bleibtreu und mir[1]), theils von mir allein[2]) untersuchten Fällen Werthe, die zwischen 1113,53 und 1121,1 betrugen, wobei es keineswegs aufgefallen war, dass der Absetzungsprocess sich in den Fällen mit dem höhern specifischen Gewichte schneller oder vollständiger vollzogen hätte als in den andern Fällen. Derselbe Werth für Schweineblut betrug in 5 von Dr. O. Lange[3]) untersuchten Fällen 1109,4 bis 1114,3, in einem von mir selbst

1) M. u. L. Bleibtreu a. a. O. 51. Bd. dieses Archivs.

2) In noch unveröffentlichten Versuchen.

3) O. Lange 52. Bd. dieses Archivs.

untersuchten Falle 1109,8. Der Mittelwerth der beobachteten specifischen Gewichte für das Pferdeblut beträgt 1116,54, für das Schweineblut 1111,5, also eine deutliche aber keineswegs beträchtliche Differenz, wobei aber noch wohl zu bemerken ist, dass die Spielräume der beobachteten specifischen Gewichte sich zum Theil decken, so dass der höchste Schweineblutwerth über dem niedrigsten Pferdeblutwerth lag. Das specifische Gewicht des Serums war in denselben Fällen beim Pferd im Mittel 1027,8, beim Schwein im Mittel 1028,5. Abgesehen davon, dass solch kleine Unterschiede im specifischen Gewicht nicht das so ungemein verschiedene Verhalten beim Senkungsprocess erklären können, ist noch besonders zu erwähnen, dass in einem bestimmten Falle, wo das specifische Gewicht der Körperchen beim Pferd 1113,9, das specifische Gewicht des Serums 1028,6 betrug und in einem Falle, wo das specifische Gewicht der Körperchen beim Schwein 1114,3, das des Serums 1028,04 betrug, so dass also die specifischen Gewichtsverhältnisse entschieden für das Absetzen des Schweineblutes günstiger lagen als für das Pferdeblut, trotzdem dieses Pferdeblut sich hinsichtlich des Absetzens ganz so verhielt, wie Pferdeblut, so nämlich, dass es sich in wenigen Stunden vollständiger abgesetzt hatte, als das Schweineblut in ebenso vielen Tagen!

Daraus geht hervor, dass es nicht die Differenz des specifischen Gewichtes der Körperchen und des Serums allein ist, was die Schnelligkeit und die Vollständigkeit des Absetzens der Körperchen beeinflusst, sondern dass hier noch andere Einflüsse im Spiele sind, welche der Neigung der Körperchen, ihrem höheren Eigengewicht folgend, sich zu Boden zu senken, entgegen wirken, und welche dadurch die Senkungsgeschwindigkeit der Körperchen, in dem einen Blut mehr, in dem anderen weniger, vermindern und bald früher bald später der sinkenden Bewegung der Körperchen überhaupt ein Ziel setzen.

Nun kann man allerdings durch Centrifugiren des Blutes, besonders wenn es in einem engen Röhrchen geschieht, den Senkungsprocess sehr beschleunigen; Pferdeblut setzt sich meistens in 24 Stunden so vollständig ab, dass es nun auch durch anhaltendes Centrifugiren oft nicht mehr gelingt, das Volum der Senkungsschicht noch mehr zu verkleinern. Es verhält sich aber bei der Anwendung der Centrifuge nicht anders, als wenn man die Schwerkraft um einen gewissen grossen Zuwachs vermehrte. Man erhält

dadurch die Senkungsschicht schneller und bei denjenigen Blutarten, die sich schwer absetzen, auch vollständiger, als wenn man das Blut durch den Einfluss der Schwerkraft allein sich absetzen liesse. Aber es ist gar kein Grund einzusehen, weshalb nicht die entgegenwirkenden Kräfte hier ebenso gut wirksam sein sollten, als bei dem der Einwirkung der Schwerkraft allein überlassenen Blute.

Welches alle die Umstände sind, die den Senkungsprocess der Körperchen compliciren, ist nicht bekannt; jedenfalls kommen Oberflächenwirkungen, die von der Grösse und Gestalt und Oberflächenbeschaffenheit der Körperchen sowohl als von den physikalischen Eigenschaften des Serums abhängig sind, in Betracht; auch ist die Wand des Gefässes, in welchem sich das Blut absetzt, besonders wenn es sich um ein enges Rohr handelt, wahrscheinlich von Einfluss auf den Vorgang, so dass das Volum der Senkungsschicht auch von der Natur des Glases und dem Durchmesser des Glasrohres nicht unabhängig ist. Bei der ungeheuren Oberflächenentwicklung der Körperchen kommen jedenfalls Capillarwirkungen der mannigfaltigsten und verwickeltsten Art in Betracht.

Unzweifelhaft hat die Beschaffenheit der Zwischenflüssigkeit grossen Einfluss auf den Senkungsvorgang. Als wir unsere ersten Versuche über das Volum der Blutkörperchen anstellten, haben wir auch der Grösse der Senkungsschichten Beachtung geschenkt und dieselben öfter gemessen, weil wir glaubten, dadurch Anhaltspunkte für das wirkliche Volum finden zu können. Nachdem wir uns aber davon überzeugt hatten, dass auch nicht die Spur von einer festen Beziehung zwischen diesen Grössen festzustellen war und dass mit der Grösse der Senkungsschicht eben weiter nichts anzufangen war, als dass sie ein — weit über dem wirklichen Werthe liegendes — Maximum für das gesuchte Volum abgeben konnte, haben wir diese Messungen in späteren Versuchen aufgegeben. Durch unsere ersten Beobachtungen aber konnten wir Folgendes feststellen: Wenn Blut einmal für sich untersucht und ausserdem mit Magnesiumsulfatlösung vermischt wurde, letztere von solcher Concentration, dass eine bedeutende Schrumpfung der Blutkörperchen (auch mikroskopisch) nachzuweisen war, und beide Blutproben in hohen Standcylindern zum Absetzen hingestellt wurden, so kam es gar nicht selten vor, dass die Senkungsschicht in dem mit Magnesium-

sulfatlösung vermischten Blute grösser war als die im unvermischten Blut (natürlich auf gleiche Blutmengen bezogen). Ein anderweitiges Beispiel dafür, dass in Folge einer Veränderung der Zwischenflüssigkeit trotz einer nachweisbaren Verkleinerung des Körperchenvolums selbst unter der Anwendung der Centrifuge die Senkungsschicht beträchtlich grösser bleiben kann, als in dem Blute mit normaler Zwischenflüssigkeit, werde ich später noch erwähnen.

Wenn also Hamburger in seinem Versuch findet, dass 40 ccm Blut, vermischt einmal mit 40 ccm Serum, einmal mit 40 ccm 0,6 %iger ClNa-Lösung, einmal mit 40 ccm 1 %iger ClNa-Lösung und endlich mit 40 ccm einer Mischung von 30 ccm Serum mit 10 ccm Wasser resp. die Senkungsschichten 13,5 ccm, 15 ccm, 13,1 ccm, 14,1 ccm gaben, so wird dadurch nur bestätigt, dass die Grösse der Senkungsschichten abhängig ist von der Beschaffenheit der Zwischenflüssigkeit, die eben in jedem der untersuchten Fälle eine andere war; über das Volum der Körperchen in den einzelnen Fällen, sowie auch über die „Gramm Eiweiss im Serum von 40 ccm Blut“, wofür er Angaben in der dritten Colonne anführt, weiss er nach diesem ganzen Versuch gerade so viel wie vor demselben.

So leichten Kaufes, wie durch einfaches Centrifugiren des Blutes ist nun einmal eine Bestimmung des Blutkörperchenvolums nicht zu erlangen, und wer sich auf derartige Methoden verlässt, wird nothwendig auf Irrwege gelangen. In den klinischen Zeitschriften hat neuerdings eine Methode zur Bestimmung des Volums der körperlichen Elemente viel von sich reden gemacht, welche auf demselben Verfahren des Centrifugirens in einem engen capillaren Glasröhrchen beruht. Der dazu dienende Apparat führt den Namen „Hämatokrit“. Der ursprünglich von Blix und Hedin[1]) eingeführte Apparat wurde später von Gärtner[2]) in eine technisch verbesserte Form gebracht. Gärtner beurtheilte den Werth des Apparates vollkommen richtig, indem er über denselben sagte: „Ein Messapparat kann richtige und falsche Angaben machen. Auch in letzterm Falle wird er noch unter gewissen Umständen verwendbar sein können; dann nämlich, wenn die gefundenen fal-

1) Hedin, Skandin. Arch. f. Physiol. 1890 p. 134.

2) Gärtner, Berlin. klin. Wochenschr. 1892 Nr. 36.

schen Werthe zu dem richtigen in irgend einem gesetzmässigen Verhältniss stehen." Da es Herrn Professor Gärtner aufgefallen war, dass Wendelstadt und L. Bleibtreu[1]) in einer Arbeit, in der vergleichende Bestimmungen des Blutkörperchenvolums nach unserer Methode und Bestimmungen der Blutkörperchenzahl nach Thoma-Zeiss ausgeführt worden waren, Zahl und Gesammtvolumen der Blutkörperchen bei den untersuchten gesunden Thieren fast genau parallel gingen, so sprach er in der Veröffentlichung über seine Versuche mit dem Hämatokrit den Wunsch aus, es möchte durch Vergleichsversuche mit unserer Methode dieser Apparat auf seine Brauchbarkeit nachgeprüft werden. Dieser Aufforderung folgend hat L. Bleibtreu den Hämatokrit durch vergleichende Untersuchungen mit unserer Methode geprüft und das Ergebniss dieser im Laboratorium des Augustahospitals in Köln ausgeführten Versuche in der Berliner Klinischen Wochenschrift 1893 Nr. 30 unter dem Titel „Kritisches über den Hämatokrit" veröffentlicht.

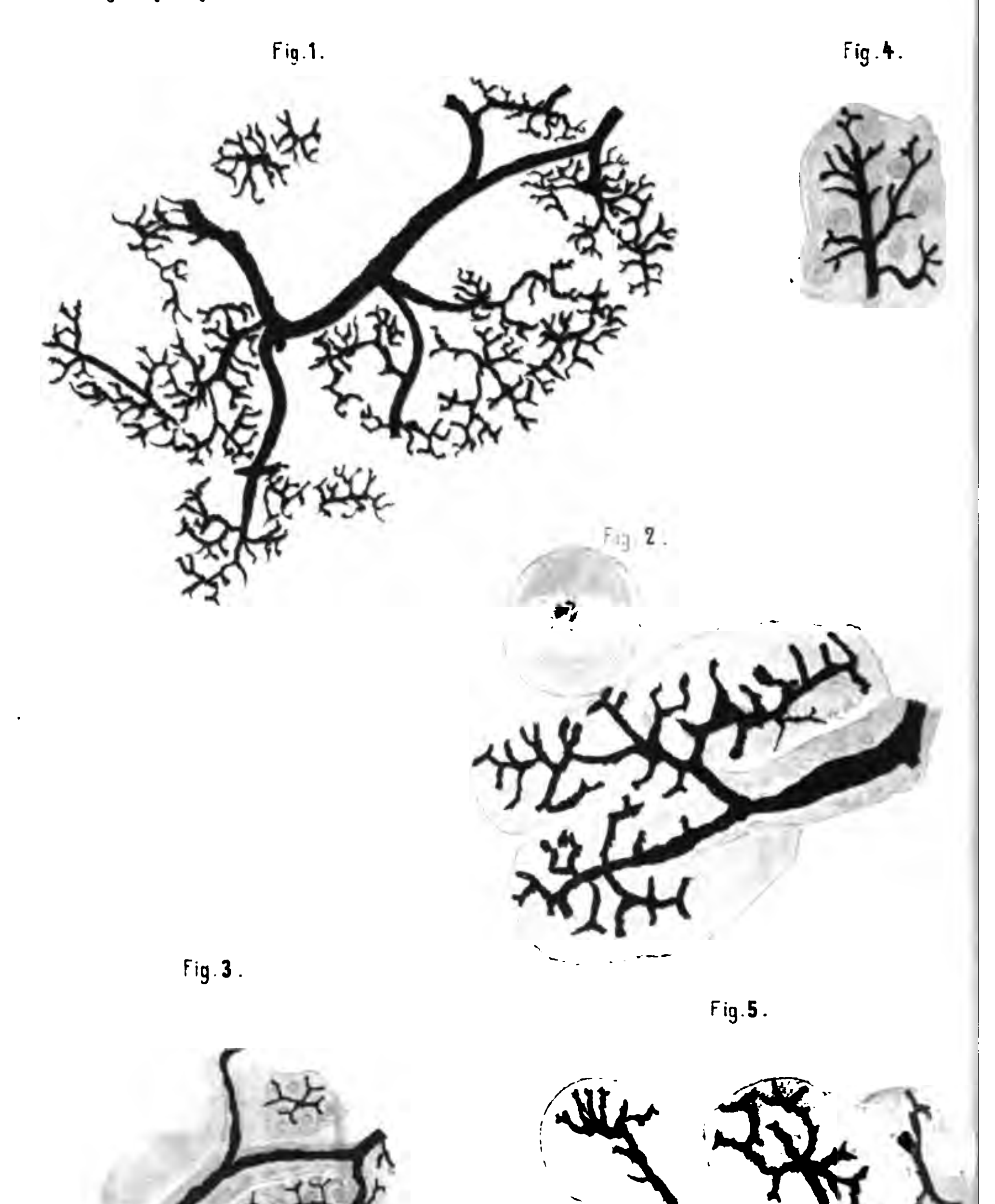
Dass der Apparat absolut richtige Zahlen liefern sollte, war von vornherein ausgeschlossen, da die Senkungsschicht trotz allen Centrifugirens niemals dem Körperchenvolum selbst gleich werden kann; ein gesetzmässiges Verhältniss zwischen Senkungsschicht und wirklichem Körperchenvolum war aber nach unseren früheren oben angeführten Beobachtungen ebenfalls höchst unwahrscheinlich. Gleichwohl wurden die vergleichenden Bestimmungen ausgeführt, um zu ermitteln, wie gross auch in den relativen Verhältnissen der falschen zu den richtigen Zahlen der Fehler ausfallen würde. Das Ergebniss war, dass dieser Fehler ein sehr grosser ist. Ich theile nachstehend die Tabelle mit den Resultaten von L. Bleibtreu mit:

	Volumbestimmung mit dem Hämatokrit p. Ct.	Wirkliches Volum p. Ct.	Differenz
Pferdeblut 1	37,5	25,4	12,1
„ 2	49,0	34,7	14,3
„ 3	52,0	42,69	9,31
Schweineblut	59,0	34,8	24,2
Menschenblut 1	37,25	25,79	11,46
Menschenblut 2	42,75	25,16	17,59

1) 52. Band dieses Archivs.

ob die zugesetzte 0,6 procentige Kochsalzlösung einen verändernden Einfluss auf das Volum und den Eiweissgehalt der Körperchen gehabt hat. Ich will nicht behaupten — und damit wiederhole ich bloss, was ich in meiner früheren Abhandlung schon ausgesprochen habe — dass gerade für jedes Blut 0,6 % Kochsalz für die Verdünnungsflüssigkeit der zweckmässigste Gehalt sei; möglicherweise giebt es Fälle, wo man vortheilhafter einen etwas anderen Concentrationsgrad nimmt. Darüber wird aber immer der Grad der Uebereinstimmung der Resultate entscheiden. Ich habe bei 0,6 % Kochsalzgehalt stets Resultate gehabt, die in ihrer guten Uebereinstimmung die Gewähr für ihre Richtigkeit trugen, und ich möchte daher Allen, die die Methode benutzen wollen, nur empfehlen, sich genau an die von uns gegebenen Vorschriften zu halten, sich vor der von uns gezogenen Verdünnungsgrenze (Verhältniss 1 : 1 für Blut und Kochsalzlösung) nicht zu scheuen und auch getrost die 0,6procentige Kochsalzlösung anzuwenden, ohne sich den Kopf darüber zu zerbrechen, ob dieselbe „isotonisch", „hypisotonisch" oder „hyperisotonisch" sei.





Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

Fig. 6.

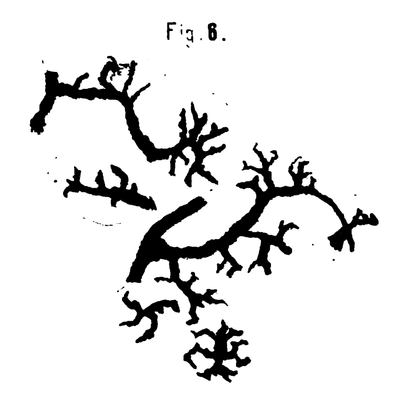


Fig. 7.

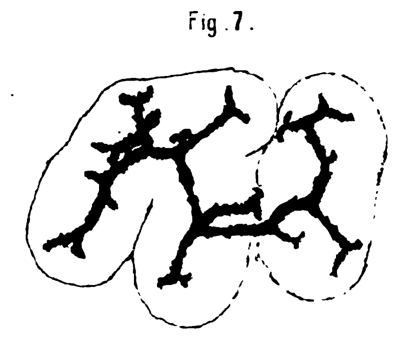


Fig. 8.





Fig. 9.

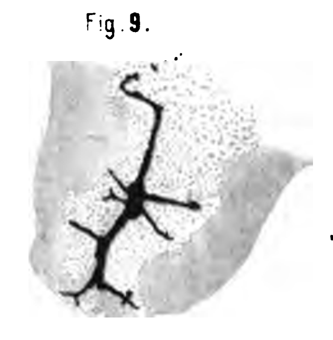


Fig. 10.



Fig. 11.

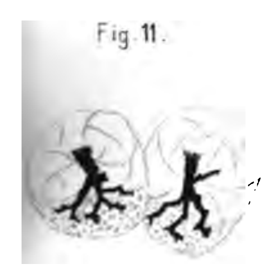


Fig. 12.



Verlag v. Emil Strauss, Bonn





Fig. 13.



Fig. 15.

Fig. 14.



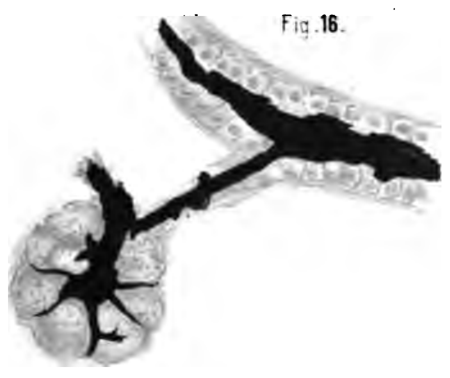
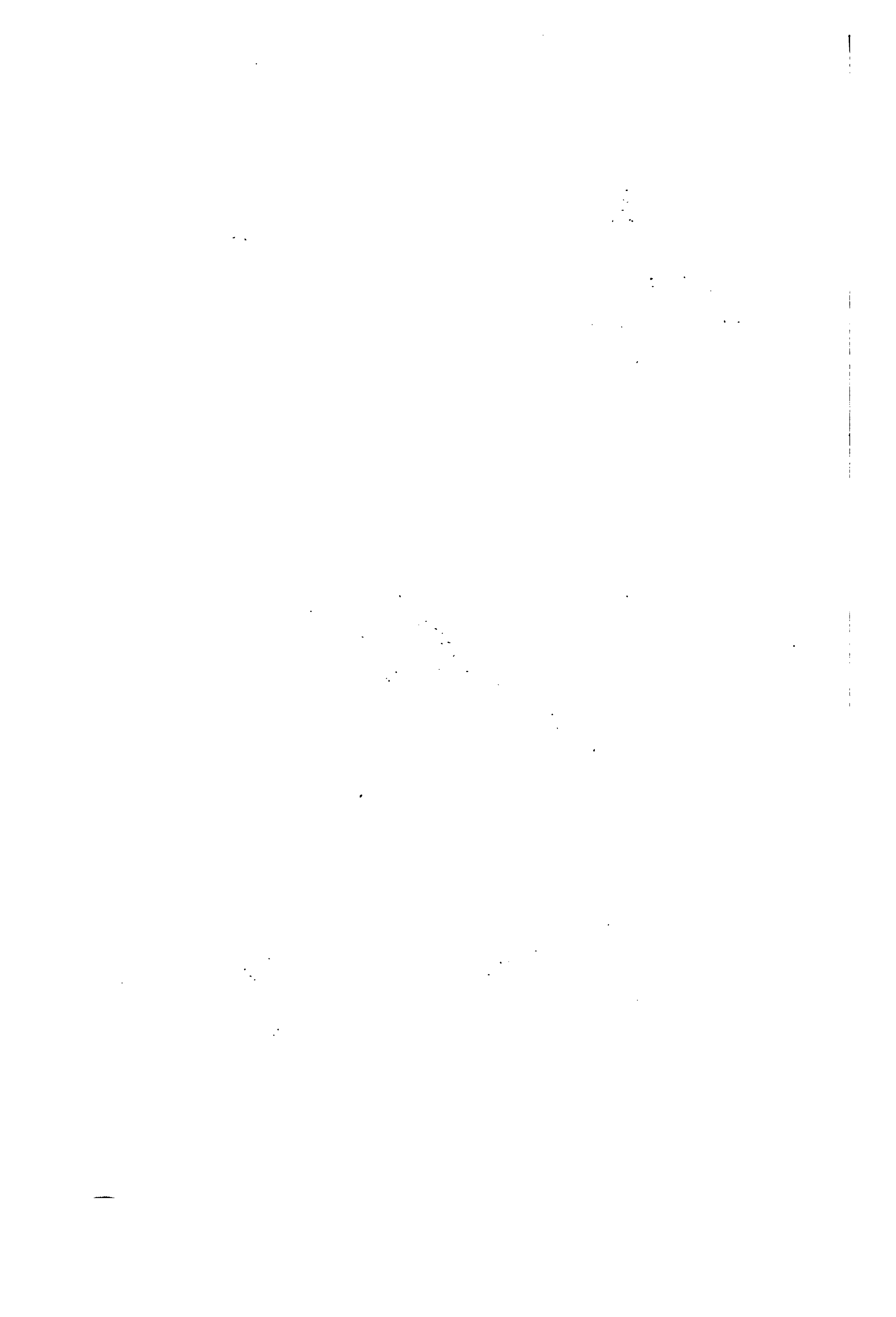


Fig. 16.



Fig. 17.

Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt. Verlag v. Emil Strauss, Bonn.



(Aus dem physiologischen Institut zu Rostock.)

Ueber die Anfänge der Absonderungswege in den Speicheldrüsen und im Pankreas.

Von

Sigfried Laserstein,
prakt. Arzt.

Hierzu Tafel VIII u. IX.

I. Frühere Untersuchungen.

Langerhans (1) ist der erste gewesen, welcher durch das bereits an der Leber bewährte Einspritzungsverfahren die Sekretwege der Bauchspeicheldrüse in ihrem ganzen Verlaufe zu erforschen versucht hat. Indem er mit gleichmässigem, nicht zu starkem Drucke Berlinerblau-Glycerin in den Ausführungsgang injicirte, fand er, dass vom Lumen der Drüsenalveolen feinste Kanälchen radiärwärts abgegeben werden, die merkwürdigerweise „ein wenig von der Membrana propria entfernt mit birnförmigen Verdickungen endigen." Es war hier nicht wie bei der Leber ein Maschenwerk, dass die Zellen gleichsam umspann, sondern ein blindendigendes Hohlraumsystem. Mit diesen Gängen bringt Langerhans die von ihm entdeckten „centroacinären" Zellen in engen Zusammenhang, von denen er annimmt, dass sie jene begrenzen.

Weitere in ähnlicher Richtung gehende Untersuchungen verdanken wir Pflüger (2) und dessen Schüler Ewald. Ersterer theilte mit, dass nach Langerhans' Injektionspräparaten in die Speicheldrüsen des Hundes die Parenchymzellen, ähnlich wie die der Leber, von feinen Kanälchen umgeben seien, die direkt mit den Centralkanälen communiciren und neben der

Membrana propria verlaufen. Die glänzenden Striche, welche man an nicht injicirten Präparaten zwischen den Speichelzellen verlaufen sieht, sollen wesentlich und hauptsächlich durch dieses System feinster Sekretionsröhrchen bedingt sein. Von diesen meint Pflüger, dass sie vielleicht direkte Ausführungsgänge der einzelnen Speichelzellen seien, indem sie nichts als eine Fortsetzung der Zellmembran, nicht aber wie bei der Leber nur von den Parenchymzellen eingefasste Kanäle darstellen.

Ewald (3) führt dieselbe Ansicht in seiner im Jahre 1870 erschienenen Dissertationsarbeit genauer aus. Er giebt ausdrücklich an, dass man von den Hauptgängen der Alveolen aus die Injektionsmasse zwischen den Epithelien, ferner zwischen diesen und der Membrana propria verlaufen und an Stelle des hellen doppelt contourirten Spaltes sehen kann, den man an nicht injicirten Drüsen zwischen den Epithelien beobachtet. Er bemerkt besonders, dass die Epithelzellen nicht mantelartig von der Injektionsmasse eingehüllt werden, sondern, dass es sich um ein wahres Röhrensystem handelt. An die Stelle des von ihm bereits als bedenklich erachteten Injektionsverfahrens suchte er in weiteren Versuchen die „physiologische Injektion" zu setzen. Allein weder das an Nieren und Leber so bewährt gefundene indigschwefelsaure Natron, noch Carmin, noch Rhodankalium hatten Erfolg.

Im Jahre 1869 hatte auch schon Saviotti (4), mit dessen Bildern, wie der Verfasser angiebt, die von Giannuzzi (5) gewonnenen übereinstimmen, am Pankreas sowohl blindendigende mit Anschwellungen versehene Kanälchen (wie Langerhans) gesehen als auch maschenförmig in einander übergehende (wie Pflüger und Ewald), so dass die radiär verlaufenden durch dicht unter der Membrana propria längs der Zellenränder hinziehende Kanäle schlingenförmig verbunden waren. In Bezug auf das Caliber sind die gewöhnlich sehr reichen Verästelungen nicht verschieden von einander. Die Mundspeicheldrüsen bearbeitete der Verfasser mit negativem Erfolge, nur bei der Parotis des Hundes konnte er den von Langerhans zuerst beschriebenen Modus des Verlaufes darstellen, nie dagegen ein Maschenwerk nachweisen.

Zu abweichenden Ergebnissen gelangte kurz darnach Boll (6). Er nahm Injektionen vor an der Parotis, Submaxillaris, Lacry-

malis und Pankreas. Am bequemsten fand er die Parotis des Schafes, doch im Wesentlichen in allen Drüsen die gleichen Verhältnisse. Er beschreibt ein zwischen den einzelnen Epithelzellen sich verästelndes äusserst feines und mehrfach communicirendes Netz von Hohlräumen, die jedoch nicht, wie nach Giannuzzis anfänglicher Annahme, spaltförmig, sondern auf dem Querschnitt meist regelmässig drehrund sind. Die Verästelung soll so reichlich sein, dass jede Drüsenzelle von mehreren dieser feinen Gänge umsponnen wird. Sie dringen sogar zwischen die Zellen und Membrana propria ein. Es besteht somit seiner Meinung nach „ein reiches Netz feinster Kanälchen", in dessen Maschen die Drüsenzellen liegen. „Ob der Anfang der ausführenden, zwischen den Epithelien ausgesparten Gänge stets ein echtes ganz geschlossenes Netz bildet, oder ob diesem Netz auch blindgeschlossene Anfänge ansitzen, oder ob endlich die Netzform und Anastomosenbildung minimal ist, und meist nur blinde Anhänge vorhanden sind, ist nicht immer sicher zu entscheiden."

Eine Membran haben die feinsten Gänge nicht. Anhangsweise erwähnt Boll seine Uebereinstimmung mit Saviotti, dessen Fig. 1 u. 2 ein Bild unübertrefflicher Treue von diesen überraschenden Verhältnissen gebe.

Latschenberger (7) beobachtete am Pankreas sowohl netzförmige als auch blindendigende Gänge. Allein diese feinen Gänge der Injektionsmasse schienen ihm nur Querschnitte von Flächen zu sein und waren nie drehrund, wie Boll behauptete. „Sie verschwanden beim Verstellen des Mikroskopes nicht so plötzlich, wie das Bild eines so feinen Ganges verschwinden würde, sondern erst, wenn die Schraube etwas weiter bewegt wurde".

Zu einem im Wesentlichen negativen Resultate gelangte v. Ebner (8), welcher Pankreas, Submaxillaris und Parotis injicirte. Vor allem hebt er hervor, dass Berlinerblau-Injektionen eine endgiltige Entscheidung über die Existenz von Speichelwegen nicht zu bringen im Stande sind. Folgendes „Schema", zu dem er auf Grund seiner Injektionen und anderweitiger Studien für das Pankreas gelangte, schien ihm am meisten mit den Thatsachen in Einklang zu stehen. „Das einerseits von der Umhüllung der Alveolen, andrerseits von den centroacinären Zellen ausgehende Netz schliesst eine Menge von kleinen Hohlräumen ein, welche sowohl

unter sich als auch mit dem Lumen der Ausführungsgänge durch die zwischen den letzten centroacinären Zellen befindlichen Zwischenräume in Verbindung stehen. In diesen Hohlräumen befinden sich nun die Drüsenzellen, welche stellenweise den Netzbalken ziemlich fest anhaften. Das von den Zellen abgesonderte Drüsensekret ist überall zwischen der Oberfläche der Drüsenfläche und den Netzbalken verbreitet, und die Anfänge der Speichelgänge haben mithin keine selbstständige Form, sondern stellen ein unregelmässiges Lückenwerk dar, das einerseits von den Drüsenzellen, anderseits von den Balken des Netzwerkes begrenzt ist."

Die Injektion der Submaxillardrüse des Hundes führte bei v. Ebner nie zur Darstellung eines regelmässigen Netzes, oft drang die Injektionsmasse nur bis zur centralen Lichtung der Alveolen, bei stärkerem Drucke auch oft zwischen die Zellen. Zuweilen drang sie bis unter die Membrana propria an der Stelle der Halbmonde. Der Farbstoff dringt übrigens auch leicht durch die Wände der Speichelröhren. Auch in der Kaninchensubmaxillaris werden keine regelmässigen Netze gefüllt. Sehr leicht entstehen hier Extravasate. In der Parotis des Meerschweinchens ergaben sich selten schöne Netzzeichnungen. Die Balken des Netzes entsprachen theils den Zellkontouren, theils gingen sie über diese hinweg. Meist drang die Masse nur in den Binnenraum ein und drängte die Zellen bei Seite.

„Man muss noch immer, sagt v. Ebner, die Möglichkoit zugeben, dass bei den Mundspeicheldrüsen dies centrale Lumen der einzige Raum ist, in welchen normaler Weise das Sekret der Drüsenzellen direkt gelangt. Alle durch Injektion zwischen den Zellen dargestellten Wege könnten künstlich gebahnt sein." Allein wahrscheinlich ist das nicht, vielmehr spricht vieles dafür, dass die Dinge sich hier, besonders in der Parotis, ähnlich verhalten wie beim Pankreas. Aber auch für die Schleimdrüsen hält v. Ebner es nicht für undenkbar, dass das Sekret zwischen den Zellen abfliesst und erst von da in die Binnenräume gelangt. Dafür spreche besonders der Umstand, dass es hier Zellen giebt (die des Halbmondes nämlich), die mit dem Lumen gar nicht direkt in Berührung stehen.

Man sieht aus dieser Darstellung, wie recht Heidenhain (9) hatte, wenn er sich gegen die durch Injektion angeblich dar-

gestellten feinsten Sekretionswege durchaus ablehnend verhielt. „Ebenso, sagt er, muss ich mich gegen die Existenz besonderer Speichelcapillaren zwischen den Drüsenzellen erklären, d. h. feiner präformirter Röhrchen, welche, ein die secernirenden Zellen umspinnendes Netz bildend, die ersten Wege des Sekrets darstellen sollen, die Flüssigkeit in das Lumen der Acini abführend." Er hält dieselben nur für künstlich durch den Injektionsdruck gebahnte Wege. Einen Beweis dafür erblickte er auch in eigens angestellten Stauungsversuchen. Nachdem er nämlich Drüsen bei zugebundenem Ausführungsgange hatte secerniren lassen, bis sie durch das Sekret stark ausgedehnt waren, konnte er doch durch nachfolgende Injektion keine Capillaren füllen. Die künstliche Injektion mit Berliner Blau war nicht leichter als sonst und gab nur dieselben wechselvollen Trugbilder.

In ein neues Stadium ist die Frage nach dem Vorhandensein von Speichelcapillaren durch die Anwendung der Golgischen Färbemethode getreten. Aehnlich und noch mehr wie bei der „physiologischen Injektion" ist eine Täuschung durch künstliche Wege ausgeschlossen, wenn es gelingt die Sekretionsbahnen zu färben. Bekanntlich ist dies durch Benutzung der genannten, am Centralnervensystem und den Sinnesorganen so bewährt erfundenen Methode möglich.

Ramón y Cajal (10), der die Methode vereinfacht hat, gelang es, die Sekretwege bis in ihre feinsten Endigungen an der Submaxillaris der Ratte darzustellen, und äusserst klare und unzweideutige Bilder hat Retzius (11), der unabhängig von jenem sich derselben Methode bediente, erhalten und mitgetheilt. Bevor noch Retzius' Arbeit erschien und unbekannt mit den Cajalschen Beobachtungen, hatte auch ich schon auf Herrn Prof. Langendorffs Veranlassung im Königsberger physiologischen Institut dieselbe Methode seit etwa $1^1/_4$ Jahr an Speicheldrüsen geübt und an der Kaninchenparotis sehr gute Resultate erhalten. Aus äusseren Gründen musste die Arbeit im Frühjahr 1892 abgebrochen werden, und auch die Veröffentlichung unterblieb, weil sie im Wesentlichen nur das bestätigen konnte, was Retzius gefunden

und in vortrefflichen Abbildungen dargestellt hatte, wie denn auch Retzius mit Cajal sich in völliger Uebereinstimmung befindet. Der Gedanke der Uebertragung dieser Methode auf die Speicheldrüsen ging bei uns von Untersuchungen der Froschleber aus, wo Herr Prof. Langendorff nach Böhm und Oppel die Gallencapillaren in wundervoller Weise zur Ansicht gebracht hatte. — Im hiesigen Institut des Herrn Prof. L. habe ich nun auf seine Anregung und unter seiner Leitung die Arbeit wieder aufgenommen und dahin erweitert, dass ich die Methode auch auf thätige Drüsen anwandte. Ohne zunächst auf die Befunde meiner Vorgänger näher einzugehen, da wir, wie gesagt, alle im Wesentlichen übereinstimmen, gehe ich zur Schilderung der meinigen über und theile zugleich das von mir mit fast regelmässigem Erfolge benutzte Verfahren mit.

II. Methode.

Zunächst fixirte ich ein $^1/_2$ bis ca. 1 cm im Durchmesser haltendes Stück der sehr vorsichtig, ohne Quetschung freigelegten Drüse des frisch getödteten Thieres mittelst des bekannten Cajalschen Gemisches von 1 % Osmiumsäure und 3 % Kalium-Bichromatlösung, welche im Verhältniss 1 : 4 zu einander standen, 3 Tage lang im Brütofen bei 30—33° C. Hierauf kam das Präparat nach kurzer Abspülung in destillirtem Wasser oder gebrauchter Silberlösung in eine $^3/_4$ % Arg. nitric.-Lösung, der (nach Cajal) zweckmässig etwas Ameisensäure zugesetzt wird. Wenn die mehrmals abgegossene und wieder ersetzte Lösung ganz klar blieb und keine Niederschläge mehr zeigte, wurden die Präparate mit ihr zwei Tage lang bei wiederholtem Wechsel in Zimmertemperatur stehen gelassen. Wichtig erschien es mir, die Präparate von dem Beginn der Behandlung an vor dem Lichtzutritt zu schützen. Nach der Silberbehandlung folgte leichte Abspülung in destillirtem Wasser und, falls an Grobschnitten noch keine Injektionsbilder oder noch nicht genügende zu finden waren, Wiederholung des Turnus, also zunächst wieder Chromosmium- und dann Silberbehandlung. Dies Verfahren wurde so oft wiederholt, bis der Erfolg eingetreten war, was meistens freilich schon

nach der zweiten Silberbehandlung der Fall war. Dann härtete ich das Präparat ca. 1—1½ Stunde in Alkohol. Das Schneiden desselben nahm ich entweder in Klemmleber oder in Paraffineinbettung vor, wobei dann ½ stündige Xylol- und höchstens 1 stündige Paraffinbehandlung bei 50° C. angewendet wurde. Die Einbettung muss mit grosser Vorsicht geschehen, da sie sonst leicht zum Untergang der Färbung führt. Die Dicke der Schnitte betrug im Allgemeinen 10—25 $\mu\mu$. Nach der Befreiung der Präparate vom Paraffin mittelst Xylol oder Toluol geschah die Untersuchung in Kreosot. Zur längeren Aufbewahrung erfolgte ihre Einschliessung in dickflüssigen Terpentinbalsam; am besten wird das Deckglas auf kleine Wachsfüsschen gelegt, um den Druck desselben auf das Präparat aufzuheben. Aus diesem Grunde haben wir auch mit Erfolg das Präparat auf dem Deckglas in Balsam eingeschlossen und nach dem Trockenwerden desselben das Gläschen auf einem passend ausgeschnittenen Objektträger (aus Glas oder Hartgummi) befestigt. Beide Aufbewahrungsarten haben uns einen Theil der Schnitte durch 1—1½ Jahre ziemlich gut erhalten, und es scheint, als wenn dies auch noch länger der Fall sein dürfte. Die Präparate gewinnen sogar mit der Zeit dadurch, dass die Kerne deutlicher werden. Die noch nicht einzubettenden Präparate lässt man am besten in dem alsdann zeitweise zu wechselnden Chrom-Osmiumgemisch liegen. Doch pflegt sich nach ca. 2—3 Wochen schon das Gewebe mit schwarzen Körnchen zu erfüllen, wodurch die Bilder unklar werden. Neben den Speichelcapillaren färben sich öfters die reichen ganglienzellenhaltigen nervösen Geflechte der Drüsen (besonders auch im Pankreas). Noch häufiger aber sind entweder nur allein die Speichcapillaren oder allein die Nerven gefärbt. Schliesslich will ich noch erwähnen, dass es bei Darstellung der Sekretwege nicht darauf anzukommen scheint, ob das Drüsenstück einem sehr jungen oder älteren Thiere entnommen ist. Es ist mir im letzten Falle das Präparat regelmässig besser gelungen als bei neugeborenen Thieren, die hinwiederum für die nervösen Centralorgane nachgewiesener Maassen bessere Bilder liefern.

III. Darstellung der Befunde.

1. Parotis.

Ich habe die Parotis als Typus der serösen oder Eiweissdrüsen ohne Berücksichtigung des funktionellen Zustandes am Kaninchen untersucht. Hier enthüllt die Anwendung des Färbeverfahrens ein ungeahnt reiches Bild der Absonderungsbahnen. Am besten vergleicht man dasselbe mit den Aesten, Zweigen und Zweiglein eines entlaubten Baumes. Die schwarzen oder braunen Stränge, welche man auf den ersten Blick von dem schmutziggelben Grunde des Drüsengewebes sich abheben sieht, gehen hier von solchen feinsten Durchmessers, ca. 2—3 μ, in immer breitere über und haben eine ganz bestimmte, regelmässige Anordnung zum Acinus. Die breitesten sind an geeigneten Präparaten deutlich von einer einfachen Schicht Cylinderepithels begrenzt, das nach den feineren Gängen zu allmählich niedriger wird und endlich überhaupt nicht mehr zu erkennen ist. An den Epithelzellen der grösseren Gänge ist oft die stäbchenartige Zerklüftung der äusseren Protoplasmazone noch deutlich erhalten, so dass nicht der geringste Zweifel darüber bestehen darf, dass wir es hier mit Speichelröhren und deren gröberen, feinen und feinsten Verzweigungen zu thun haben. Eine hübsche Uebersicht bietet die bei mässiger Vergrösserung mittelst des Zeichenprismas dargestellte Fig. 1. Fig. 2 zeigt eine „Speichelröhre“ im Querschnitt mit unvollkommener Füllung im Lumen. Der in Fig. 2 und 3 von dem Epithelrohr zu den Acini abgehende Ast dürfte mit Recht als „Schaltstück“ zu bezeichnen sein. An diese schliessen sich die den Binnenräumen der Alveolen entsprechenden „Endstücke“ früherer Autoren an, und von diesen gehen andere, sich wieder verjüngende capillare Aestchen in das Alveolarepithel hinein. Besser als jede Beschreibung dürften die mitgetheilten Abbildungen deren Verhalten erläutern. Nur darauf sei noch hingewiesen, dass die feinere Verzweigung häufig knopfartige gestielte Stümpfchen seitlich abzweigt, und dass die letzten Endästchen meist mit ganz kleinen Verdickungen endigen. Wie weit es sich hier um präexistirende Gebilde oder um künstliche Erzeugnisse der Methode handelt, ist nicht zu entscheiden. Eben so wenig lässt sich mit Bestimmtheit sagen, ob die von uns gekennzeichneten Gebilde die Sekretwege in

ihrer vollständigen Ausdehnung darstellen, ob nicht noch mehr Seitenäste, Anastomosen etc. vorhanden sind. Es ist dies allerdings kaum wahrscheinlich wegen der grossen Uebereinstimmung der Verzweigung an allen Stellen, wo die Gänge sich überhaupt gefärbt haben.

Endlich lässt sich nur schwer entscheiden, ob die Endästchen in die Zellen des Drüsenepithels hineingehen, oder ob sie ihnen nur aufliegen, etwa wie die Finger einem in der Hand gehaltenen Apfel. Mit Herrn Prof. Langendorff bin ich der Ansicht, dass die Endästchen nicht nur zwischen den Epithelien verlaufen, sondern dass sie in den Zellleib hineingehen, da die Gänge bis in die unmittelbarste Nähe des Zellkerns und bis in dessen Niveau sich verfolgen lassen. Diese Auffassung hat auch Retzius als wahrscheinlich angenommen. Einer sicheren Feststellung steht der Umstand hindernd entgegen, dass es unmöglich ist, die Schnitte mit den üblichen Färbemethoden zu behandeln, weil dabei die Capillarfärbung verloren geht. Eine Fixation der Färbung durch Ueberführung des Silbersalzes in das Goldsalz ist mir nicht gelungen und das von Kallius (12) angegebene Verfahren, welches allerdings dauernde Fixationen giebt, habe ich nicht angewendet.

Wenn man übrigens bedenkt, dass bei den wirbellosen Thieren dieses Verhalten direkt nachgewiesen ist, wie an den Speicheldrüsen der Blatta orientalis direkt demonstrabel ist, dass ferner v. Kupffer auch für die feinsten Gallenröhrchen höherer Thiere intracelluläre Endigungen beschrieben hat, wird ein ähnliches Verhalten der Speichelröhrchen sehr wahrscheinlich.

Die Sekretgänge der Kaninchenparotis endigen blind, was Ramón y Cayal und Retzius mit Recht an den von ihnen untersuchten Drüsen hervorheben. Die Endigungen anastomosiren nicht unter einander, wie man es an den Gallenkapillaren der Leber beschrieben hat; auch hier scheint mir allerdings nach meinen und Retzius Beobachtungen an Golgi-Präparaten die Anastomosenbildung eine viel geringere zu sein, als man früher allgemein angenommen hat, ja in den Endästchen geradezu überhaupt nicht vorzukommen, dagegen in den weiter folgenden ähnlich zu sein wie wir es beim Pankreas beschreiben werden. Sind somit die Sekretionswege der Parotis treffend einem Baumstamme zu vergleichen, der sich in Aeste und Aestchen theilt, so endigen die Nerven, wie

ich öfter bei anderen Drüsen zu beobachten Gelegenheit fand, in einem die Acini reichlich umspinnenden Netzwerke.

Fig. 5 u. 6 zeigen das Bild einer in Folge dreistündiger Sympathicusreizung sekretorisch veränderten Hundeparotis. Im Grossen und Ganzen ist es dasselbe Bild wie bei der ruhenden Drüse. Besondere auf den Thätigkeitszustand zu beziehende Abweichungen vom gewöhnlichen Bilde habe ich nicht beobachtet.

2. Pankreas.

Eine gewisse Aehnlichkeit mit der Parotis zeigt in Bezug auf den Verlauf der Sekretionswege das Pankreas (s. Fig. 7—9). Dieselben erscheinen indess hier in den feinsten Aestchen etwas breiter, in den folgenden schmäler, so dass der Gesammteindruck ein mehr eintöniger wird. Ausserdem ist die geringere Zahl breiterer Gänge sehr auffallend. Man trifft oft ganze grosse Läppchen von Gängen gleichen Kalibers durchzogen, unter denen kein einziger dicker Sammelstamm sich findet. Der Verlauf der Aeste ist gerader als bei der Parotis; die Biegungen eckiger, weniger geschweift. Die Theilung der Aeste ist wiederum eine dichotomische. Ferner habe ich häufig im Gegensatz zur Parotis Anastomosenbildung der Sammeläste beobachtet, nie aber waren solche zwischen den Endästen, die auch hier stets blind endigten, vorhanden. Diese Beobachtungen beziehen sich auf Katze und Frosch. Bei letzterem ist besonders auffallend das Verhalten der Gänge zur Zelle, was an den Katzenpräparaten nie so deutlich zu sehen gewesen ist, wahrscheinlich aber auch hier besteht. Es verlaufen die Sekretcapillaren nämlich *nur innerhalb des körnigen, nicht aber im homogenen Gebiete der Zellen.* Offenbar hängt dies auffallende Verhalten mit den funktionellen Aufgaben der beiden Zellsubstanzen zusammen. Nach den Untersuchungen von *Heidenhain*, sowie von *Kühne* und *Lea* darf darüber kein Zweifel bestehen, dass das Sekretionsmaterial in der körnigen Zone sich anhäuft und von hier aus zur Ausscheidung gelangt, dass die homogene oder streifige Zone der Zellen dagegen die Aufgabe hat, das bei der Absonderung verbrauchte Material zu regeneriren. Die Funktion der körnigen

Zone wäre demnach mehr als eine excretorische, die der homogenen als eine sekretorische zu bezeichnen. Es scheint mir nun wichtig zu sein, dass nur der excretorisch wirksame Theil des Epithels Sekretionsröhrchen erhält, während der übrige, der sie nicht braucht, frei davon bleibt. Natürlich beziehen sich diese Angaben nur auf den in meinen Präparaten gerade vorhanden gewesenen Funktionszustand der Thiere. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass bei stärkerer Sekretion und bei der dadurch bedingten Verkleinerung der Körnchenzone die feinen Sekretbahnen bis in die streifige Zone hineinreichen werden. Ob beim Pankreas die Sekretionskapillaren in die Zellen selbst eintreten oder nicht, lässt sich fast sicher in der ersten Richtung entscheiden. Man sieht nämlich hin und wieder helle Strassen in der körnigen Zone von derselben Breite und Anordnung wie die gefärbten; und diesen Gängen entspricht eine bestimmte Anordnung der Zellkörnchen, so dass man annehmem muss, dass die Gänge die Zellsubstanz wirklich durchsetzen, nicht nur oberflächlich ihr aufliegen[1]).

3. Submaxillardrüse.

Ganz verschieden von den bisher beschriebenen sind die Bilder, welche man von den Schleimspeicheldrüsen erhält. Das Eigenthümliche besteht, wie schon Retzius geschildert hat, darin, dass ausnahmslos nur die Gianuzzischen Halbmonde, nie die Schleimzellen mit Sekretionscapillaren versorgt werden. Ein Blick auf die Figg. 10—13 zeigt uns, dass bei Katze und Hund in ganz gleicher Weise von einem dickeren interacinär verlaufenden Hauptaste, feinere Seitenäste abgehen, die den schleimzellenhaltigen Antheil der Acini schlank durchziehen, um erst in dem die protoplasmareichen Zellen enthaltenden Halbmond sich in zwei oder mehr Aestchen zu theilen, die sich ihrerseits wieder theilen oder oft nur stumpfartige Auswüchse zeigen. Auffallend sind hier die vielen von Retzius als „tropfenförmig" beschriebenen Auflagerungen, die wahrscheinlich ebenfalls als Abzweigungen aufzufassen sind und zwar wohl wieder als intracelluläre, was hier noch schwieriger zu entscheiden ist als in den vorhergenannten

1) Von Herrn Dr. Reinke an meinen Präparaten beobachtet.

Drüsen, weil die Zellgrenzen noch undeutlicher und die Zellen noch kleiner sind. Retzius äussert sich in dieser Beziehung dahin, dass nach seiner Meinung die Endäste zwischen den Zellen liegen, aber ihre seitlichen Anhänge in die Substanz derselben hineingehen, eine Auffassung, die im Ganzen auch für die Eiweissdrüsen zutreffend sein dürfte. Was die Darstellung der Sekretionswege in den Schleimspeicheldrüsen im Allgemeinen betrifft, so scheint sie schwerer als bei den andern Speicheldrüsen zu sein. Besondere Unterschiede der Schleimspeicheldrüsen in Bezug auf die Abflusswege ihres Sekretes an der Submaxillaris und Orbitalis des Hundes habe ich nicht beobachtet, ebenso wenig wie ich bemerkenswerthe Unterschiede der Hunde- und Katzensubmaxillaris constatiren konnte.

IV. Folgerungen und weitere Beobachtungen.

Die lange unentschieden gebliebene Frage nach dem Vorhandensein von Speichelcapillaren ist durch die nunmehr vorliegenden Beobachtungen erledigt. Es hat sich herausgestellt, dass die secernirenden Epithelzellen der Eiweissdrüsen und der Bauchspeicheldrüse durch feine, an ihrem Ende oft verzweigte Sekretwege mit den Binnenräumen der Alveolen in Verbindung stehen. Mit grosser Wahrscheinlichkeit lässt sich annehmen, dass diese letzten Absonderungswege nicht allein an die Zellen herantreten, sondern auch in sie hineingehen und wahrscheinlich in kleinsten Hohlräumen der Zelle ihren Anfang nehmen. Ob es sich dabei um geschlossene, von Membranen begrenzte Röhrchen handelt oder nur um ein Kanalsystem, das überall nur vom Zellprotoplasma begrenzt wird, ist gegenwärtig nicht festzustellen.

Ein besonderes Interesse knüpft sich an die Sekretionscapillaren der Schleimdrüsen, und sie sind es auch gewesen, denen meine weiteren Beobachtungen gewidmet worden sind. Wir haben gesehen, dass hier nur die sogenannten Randzellenkomplexe Sekretionscapillaren besitzen, dass die Schleimzellen dagegen dieser ermangeln. Es erhob sich hier zunächst die Frage, ob dabei nicht nur eine Unzulänglichkeit der Methode vorliegt, ob nicht vielleicht auch die Schleimzellen Capillaren besitzen, die nur desshalb in der ruhenden Drüse nicht zum Vorschein gelangen, weil die durch Mucigen anschwellenden Zellen die zarten zwischen ihnen mög-

licherweise vorhandenen Wege verschliessen. Diese Frage war zu entscheiden durch Beobachtungen an stark absondernden Drüsen, bei denen die Schleimzellen durch Entleerung ihres Inhaltes sich verkleinern und deshalb vorhandene Intercellularwege nicht mehr versperren würden,

Wir benutzten zur Entscheidung dieser Frage zwei Hunde, bei denen wir durch Pilocarpinvergiftung eine mehrstündige, sehr reichliche Speichelabsonderung anregten. Die Drüsen befanden sich nach Beendigung des Versuches in starker, doch nicht stärkster sekretorischer Veränderung. Schnitte durch die in Chromosmium-Gemischen fixirten und mit Alkohol gehärteten Organe zeigten die verkleinerten Schleimzellen schleimarm, protoplasmareich, die Kerne rund und der Zellenmitte genähert. Aber trotzdem die Zellen soviel von ihrem schleimigen Inhalt entleert hatten, ergab die Golgi-Behandlung keine wesentlich anderen Bilder als an der ruhenden Drüse. Die „Endstücke" der Speichelcanäle verliefen auch hier ohne Aeste, so lange sie von Schleimzellen begrenzt waren und lösten sich am Randzellenkomplex in feinere Zweige auf. Nur fiel mir als abweichend von dem Verhalten an ruhenden Drüsen die Spärlichkeit der Verzweigungen auf; nur an wenigen Stellen zeigten sich mehrfache Verästelungen, in diesem Falle waren die Randzellenkomplexe auch grösser. (Siehe Fig. 14 u. 15.) Es steht diese Spärlichkeit und Schlankheit der Endcapillaren im Missverhältniss zur Grösse des Binnenraumes der Alveolen, der wie an den von Heidenhain und Lavdowsky gegebenen Bildern so auch in meinen Präparaten im Verhältniss zu denen der ruhenden Drüse vergrössert erscheint.

Dieser Befund erhärtet also die Thatsache, dass nur die Halbmonde der Schleimdrüsen mit Capillaren versehen sind. Physiologisch ist dieselbe wohl verständlich; denn da die Schleimzellen dem Binnenraum des Alveolus sämmtlich anliegen, hindert sie nichts ihr Sekret in diesen direkt zu ergiessen. Besonderer Sekretionscapillaren bedürfen sie nicht. Ja es könnte sogar scheinen, als ob sie solche gar nicht brauchen könnten, da die Fortbewegung des schleimigen colloiden Sekretes durch so enge Strassen ausserordentlich schwierig, wo nicht unmöglich sein dürfte.

Andrerseits scheint mir das Vorhandensein von Speichelcapillaren in den Halbmonden mit aller Entschiedenheit für die activ sekretorische Bedeutung dieser Gebilde zu sprechen, eine An-

sicht, die ja schon mehrfach Vertretung gefunden und der sich auch Retzius auf Grund seiner neueren Befunde angeschlossen hat. Jedenfalls ist der Befund weder mit der von Heidenhain vertretenen Auffassung zu vereinigen, dass die Randzellenkomplexe nur ein Ersatzmaterial für die dem Untergang gewidmeten Schleimzellen repräsentiren, noch mit den Ansichten seiner Gegner, denen zu Folge die Halbmonde entweder nur vom Lumen abgedrängte, unthätige und daher protoplasmareiche Schleimzellen darstellen, oder aus den der Alveolengrenze zugedrängten protoplasmahaltigen Theilen der Schleimzellen bestehen sollen. Wenn nun die letzteren zweifellos den schleimigen Bestandtheil des Sekretes produciren, die Halbmonde aber auch sekretorisch thätig sind, so liegt die Annahme sehr nahe, dass diesen die Aufgabe zufällt, das im Sekret befindliche Wasser und die salzigen Bestandtheile desselben zu liefern. Wir würden es also bei allen Schleimspeicheldrüsen, soweit sie Halbmonde besitzen, gewissermaassen mit zweierlei sekretorischen Elementen zu thun haben, den Schleim absondernden und den Wasser und krystalloide Stoffe secernirenden, und es wäre somit zwischen Halbmonden und Schleimzellen ein ähnliches Verhältniss vorhanden, wie in der Niere zwischen den Epithelien der gewundenen Kanälchen und dem die Glomeruli bekleidenden Epithel, von dem die ersteren Harnstoff und ähnliche Körper, die letzteren aber Wasser und Salze abscheiden.

In gutem Einklang mit dieser Annahme stände die Lehre Heidenhains von der Existenz von zweierlei Absonderungsnerven, von solchen, unter deren Herrschaft die Absonderung des Schleimes steht, und von anderen, unter deren Einwirkung Wasser und Salze producirt werden. Den verschiedenen Nervenfasern würden verschiedene Angriffspunkte entsprechen, den trophischen die Schleimzellen, den sekretorischen die Randzellenkomplexe.

Gegen ähnliche von anderer Seite geäusserte Anschauungen hat schon früher Heidenhain den Einwand gemacht, dass die Glandula sublingualis trotz der in ihr quantitativ überwiegenden Halbmonde ein wasserarmes Sekret liefere. Mir scheint aber diese Thatsache nicht schwerer erklärbar als die, dass dieselbe Drüse trotz ihrer Armuth an Schleimzellen ein so schleimreiches Sekret liefert. Man braucht, um diese anscheinenden Widersprüche zu erklären, nur die Annahme zu machen, dass in dieser Drüse die reichlich vorhandenen Protoplasmazellen nur theil-

weise oder nur spärlich sich an der Absonderung betheiligen, während die verhältnissmässig spärlichen Schleimzellen sämmtlich in starker Thätigkeit sich befinden oder, was dasselbe ist, dass diese Drüse wesentlich unter dem Einflusse ihrer trophischen, nicht aber ihrer sekretorischen Nerven thätig ist.

Nach diesen Ausführungen würde man sich die Randzellenkomplexe gewissermaassen als seröse Antheile der Schleimdrüsen vorzustellen haben, und in der That scheinen diese Gebilde in mancherlei Beziehungen sich den serösen Drüsen ähnlich zu verhalten. Von diesen wissen wir, dass ihre Epithelzellen unter dem Einflusse der Thätigkeit sich verkleinern, und dass ihre im Ruhezustand zackigen Kerne der kugligen Form zustreben. Mir hat es immer den Eindruck gemacht, als ob auch die Randzellenkomplexe der Submaxillardrüse durch die andauernde Thätigkeit verkleinert würden. Es ist freilich ausserordentlich schwer, über diesen Punkt ins Klare zu kommen, weil man nie weiss, ob man den dem Acinus kalottenartig aufsitzenden Randzellenkomplex in einem grössten Kreise geschnitten hat oder nicht.

Eine weitere Stütze erfährt meine Ansicht durch die von Herrn Prof. Langendorff gemachte Beobachtung, dass die Kerne der Randzellenkomplexe in den thätigen Drüsen zwar stets rund, in den ruhenden aber grösstentheils eckig gefunden werden, während gleichzeitig die Zellenkerne der Drüsengänge regelmässig rund erscheinen, ein Beweis dafür, dass nicht die Behandlungsweise die Kerne deformirt haben kann. In Folge dessen wird man zu der Annahme gedrängt, dass in diesen Gebilden ganz ähnliche sekretorische Veränderungen vor sich gehen wie beispielsweise in der Parotis.

Ich möchte nicht unterlassen zum Schlusse eine Beobachtung anzuführen, die ich an neugeborenen Kätzchen gemacht habe, bei denen ich durch Pilocarpin eine 3—4 stündige Speichelabsonderung angeregt hatte. Nachdem die Thiere getödtet waren, fand ich die Submaxillardrüse angeschwollen und stark geröthet. Die Alveolen waren klein, die Zellen sehr eiweissreich, die Binnenräume auffallend weit. Wir erhielten an mit Chromosmiumgemischen fixirten Drüsenstücken stellenweise Bilder, die ganz denjenigen ent-

sprachen, welche Heidenhain von der stark secernirenden Sublingualdrüse der Katze gezeichnet hat[1]). An einzelnen Stellen fand sich die Drüse auch im interacinären Gewebe mit Schleim durchsetzt, der deutlich an seiner bekannten Hämatoxylin-Reaktion kenntlich war. Es handelte sich also hier offenbar um eine Sekretstauung, die stellenweise zu einem completen Myxoedem geführt hatte. Bei der Behandlung mit der Golgimethode zeigte sich, dass durch die Stauung die feineren normalen Sekretwege verschlossen worden waren, und dass der Inhalt der Alveolenräume sich neue künstliche Wege gebahnt hatte (s. Fig. 16 u. 17).

Es ist von Interesse diese Beobachtung mit der von Heidenhain gemachten Angabe (s. o. S. 420) zu vergleichen, dass nach Unterbindung des Ausführungsganges einer stark thätigen Speicheldrüse eine künstliche Farbstoffinjektion in denselben nicht im Stande gewesen sei die natürlichen Sekretionswege zwischen den Zellen zu füllen. Die von uns gemachte Beobachtung hat gezeigt, dass in der That die Capillaren bei Sekretstauung fehlen, und ich glaube nicht falsch zu schliessen, wenn ich annehme, dass sie durch den Stauungsdruck verschlossen worden seien. Aus dieser Beobachtung scheint sich mir das negative Ergebniss des Heidenhainschen Versuches zu erklären.

Literatur.

1. Langerhans, Beiträge zur mikroskop. Anatomie der Bauchspeicheldrüse. Inauguraldissertation. Berlin 1869.
2. Pflüger E., Die Endigungen der Absonderungsnerven im Pankreas. Arch. f. mikroskop. Anat. V. Bd. S. 203. Nachtrag. 1869.
3. Ewald A., Beiträge zur Histologie und Physiologie der Speicheldrüsen des Hundes. Inauguraldissertation. Berlin. 1870.
4. Saviotti, Untersuchungen über den feineren Bau des Pankreas. Archiv f. mikroskop. Anatomie. V. Bd. S. 404. 1869.
5. Giannuzzi (cit. nach v. Ebner), Comptes rendus. T. 68 I p. 1280.
6. Boll, Beiträge zur mikroskop. Anatomie der acinösen Drüsen. Inauguraldissertation. Berlin. 1869.

1) S. Hermanns Handbuch der Physiol. V. Bd. S. 67 Fig. 25.

7. Latschenberger, Ueber den Bau des Pankreas. LXV. Bd. der Sitzungsberichte der Kaiserl. Akad. der Wissenschaft zu Wien. III. Abth. Mai 1872.
8. v. Ebner, Ueber die Anfänge der Speichelgänge in den Alveolen. Arch. f. mikroskop. Anat. VIII. Bd. S. 481—513. 1872.
9. Heidenhain in Hermanns Handbuch der Physiologie. V. Bd. S. 14—24. Leipzig. 1883.
10. Ramón y Cajal (cit. nach Retzius), Nuevas aplicacions del metodo de coloracion de Golgi. Barcelona. 1889.
11. Retzius, Ueber die Anfänge der Drüsengänge und die Nervenendigungen in den Speicheldrüsen des Hundes. Biologische Untersuchungen Bd. III. S. 59. Stockholm. 1892.
12. Kallius, Sonderabdruck aus den „Anatom. Heften" von Merkel und Bonnet. Jahrg. 1892. Wiesbaden.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. Parotis des Kaninchens, Hartnack Objekt 7. Zeichenprisma (Oc. IV.)

Fig. 2 u. 3. Parotis des Kaninchens, Hartnack Objekt 8.

Fig. 4. Ein einzelner Acinus der Parotis (Kaninchen), Hartnack Wasserimmersion 9. Zeichenprisma. (Oc. IV.)

Fig. 5. Thätige Hunde-Parotis.

Fig. 6. Thätige Parotis (Hund), Hartnack Obj. 7. Zeichenprisma. (Oc. IV.)

Fig. 7. Pankreas (Katze), Hartnack Oc. III. Obj. 8.

Fig. 8 u. 9. Pankreas (Frosch), Winkel Obj. 8. Zeichenprisma mit Oc. IV.

Fig. 10. Submaxillaris (Katze) Ruhestadium. Hartnack Oc. II, Obj. 8.

Fig. 11. Dieselbe Drüse, ebenfalls Ruhestadium. Hartnack Oc. IV. Obj. 5.

Fig. 12. Wie die beiden vorgen. Bilder. Hartnack 7. Zeichenprisma. (Oc. IV.)

Fig. 13. Submaxillaris (Hund), Ruhe. Winkel, Obj. 8. Zeichenprisma. (Oc. IV.)

Fig 14 u. 15. Submaxillaris (Hund). Thätige Drüse. Hartnack 7. Zeichenprisma. (Oc. IV.)

Fig. 16 u. 17. Submaxillaris (Neugeboreue Katze); starke Thätigkeit. Fig. 15 bei Hartnack Obj. 8. Oc. III. — Fig. 16 bei Winkel Obj. 8. Oc. III.

Ueber die Beziehungen des diastatischen Fermentes des Blutes und der Lymphe zur Zuckerbildung in der Leber.

Von

Dr. **Manfred Bial,**
prakt. Arzt in Breslau.

I. Der augenblickliche Stand der Lehre von der Zuckerbildung in der Leber.

Der erste, welcher nachwies, dass Zucker ein normaler Bestandtheil des Blutes ist, war Magendie[1]). Er fand denselben im Blute von Hunden nach Fütterung mit Kohlenhydraten.

Bald darauf zeigt Cl. Bernard, dass sich Zucker im Blute nicht nur nach Aufnahme von Kohlenhydraten, sondern bei jeder Art der Ernährung, ja selbst im Hungern nachweisen lasse. Diese Unabhängigkeit von der Nahrungsaufnahme wies darauf hin, dass im Organismus selbst eine Quelle für den Zucker vorhanden sein müsse.

Um dieselbe zu finden, bestimmte Cl. Bernard den Zuckergehalt der verschiedenen Organe. Er fand die Leber am zuckerreichsten. Er bestimmte ferner den Zuckergehalt des Arterien- und Venenblutes in verschiedenen Gefässgebieten, und auch hier zeigte sich, dass das Blut der Lebervenen besonders reich an Zucker, auch zuckerreicher als das der Pfortader ist. Er schloss aus diesen Beobachtungen, dass die Leber der Ort ist, in welcher der Blutzucker sich bildet.

Bei seinen Leberanalysen fand Cl. Bernard gelegentlich Schwankungen im Zuckergehalt, die ihn anfangs an Unvollkommenheiten seiner Methode denken liessen, bis er darauf kam, dass die Höhe der Zuckerwerthe eine gewisse Abhängigkeit zeigte von der

---

1) Magendie, Note sur la présence normale du sucre dans le sang. Compt. rend. 1846. T. XXIII, p. 189.

Zeit, welche zwischen dem Tode des Thieres und dem Beginn der Analyse verfloss. Je länger dieser Zeitraum währte, desto höher schien der Zuckergehalt zu steigen. Dies deutete darauf hin, dass in der Leber nach dem Tode noch eine weitere Zuckerbildung eingetreten war. Cl. Bernard stellte nun folgenden bekannten Versuch an: Eine soeben dem Thier entnommene Leber wurde auf das Gründlichste mit Wasser von den Gefässen aus durchspült, um allen vorhandenen Zucker zu entfernen; blieb diese Leber eine Zeit lang liegen, so zeigte sie wiederum einen nicht unbeträchtlichen Zuckergehalt. Es hatte sich also nach dem Tode in der Leber Zucker gebildet, es war eine „postmortale Glycogenie" eingetreten.

Dieser Versuch beweist zweierlei: 1. dass die Zuckerbildung unabhängig von der Mitwirkung des Blutes ist, 2. dass das Material für dieselbe nicht, wie Lehmann annahm, aus dem Blute stammt (Fibrin), sondern in der Leber selbst enthalten sein muss.

Den fraglichen Bildungsstoff fand Cl. Bernard im thierischen Amylum, dem Glycogen, welches zur selben Zeit auch von Hensen entdeckt wurde. Die Umwandlung dieses Kohlenhydrates zu Zucker erklärte er durch die Wirkung eines diastatischen Fermentes. Es gelang ihm die Anwesenheit eines solchen in den Leberextracten zu demonstriren.

Wie man sieht, zeichnen sich die Anschauungen Cl. Bernards durch ihre Klarheit und Einfachheit aus: Er führt die postmortale Zuckerbildung in der Leber auf einen Vorgang zurück, welcher in Analogie zu anderen, gut bekannten Prozessen des Thier- und selbst Pflanzenkörpers steht.

Was aber für die postmortale Zuckerbildung gilt, gelte auch für die intravitale.

Der Cl. Bernard'schen Lehre entstand in Pavy ein heftiger Widersacher; dieser Forscher bestritt auf das Entschiedenste die Berechtigung, aus der postmortalen Zuckerbildung auf eine solche im Leben zu schliessen. Er sieht in der Zuckerbildung einen pathologischen Vorgang und stützt sich dabei auf folgende von ihm gefundene Thatsachen: Es befänden sich sowohl im Blute als auch in der Leber bei rascher Untersuchung (wenn er den Zustand des Lebens durch schnelles Einbringen von Leberstücken in heisses Wasser oder Kältemischung gewissermaassen fixirte) nur ausserordentlich geringe Mengen Zuckers. Die postmortale Zuckerzunahme im exstirpirten Leberstück wird aber auch

von ihm anerkannt. Da Pavy nun weiter fand, dass die Leber schon während des Lebens um so grössere Zuckermengen enthält, je unruhiger und widerspenstiger sich das Thier bei den nöthigen Operationen zeigte, so schliesst er, dass eine Zuckerbildung im normalen Thier nicht vorkomme, dass dagegen durch eingreifende Operationen, durch das Sträuben des Thieres und ebenso auch nach dem Tode die Leber in einer Weise geschädigt werde, dass in ihr befindliches Glycogen austrete und durch das im Blute von Magendie nachgewiesene diastatische Ferment umgewandelt werde. Die Glycogenie solle immer eine postmortale oder eine derselben entsprechende Erscheinung sein.

Cl. Bernard und nach ihm andere wandten sich zuerst gegen Pavy's thatsächliche Angaben, indem sie nachwiesen, dass auch bei dem schnellsten Operationsverfahren, bei welchem nur 3—4 Sekunden bis zum Eintragen der Leber in heisses Wasser vergehen, sich konstant ein Zuckergehalt von 0,2—0,3 %, resp. 0,3—0,4 % konstatiren lasse, dass ebenso das Blut stets Zucker enthalte. Cl. Bernard bekämpft ferner mit Recht den einseitigen, vitalistischen Standpunkt Pavy's, welcher Grenzen zwischen Lebens- und Leichenerscheinungen aufrichtet, die nicht existiren. Die Thatsache, dass der Zucker sich nach dem Tode des Thieres in der Leber vermehre, könne man nicht als Beweis geltend machen dafür, dass die Zuckerbildung überhaupt nur postmortal erfolgen könne. Denn im Leben werde der in der Leber sich bildende Zucker sofort durch das Blut hinweggeschafft, während das Stocken der Circulution nach dem Tode die Anhäufung des Zuckers in dem Organe gestatte. Pavy fixire durch Eintragen in heisses Wasser nicht den Lebenszustand der Leber, sondern tödte sie vielmehr ab und vermisse deshalb eine nachfolgende Zuckerbildung. Wenn ein Thier getödtet würde, so veränderten die Organe nicht plötzlich ihre Functionen und es träten auf einmal neue ein, die postmortal zu nennen wären, sondern es behalten die Organe ihre Verrichtungen auch gewisse Zeit nach dem Tode bei; wie der Muskel seine Contractilität bewahre, so erhalte die Leber ihre zuckerbildende Eigenschaft. Die postmortale Zuckerbildung in der Leber sei nicht nur ein an sich interessantes Factum, sondern besitze für den Physiologen deswegen eine grosse Bedeutung, weil man aus ihr Schlüsse auf die Zuckerbildung im lebenden Körper machen könne.

An die Untersuchungen von Cl. Bernard und Pavy schlossen sich eine Reihe anderer Arbeiten, auf die hier nicht näher eingegangen werden soll, weil sie im Wesentlichen nur die Anschauungen des Einen oder Andern dieser beiden Forscher widerspiegeln.

Zu einer ganz neuen Ansicht von der Zuckerbildung in der Leber gelangte dagegen Seegen[1]). Er kam zu der Vorstellung, dass nicht das aufgespeicherte Glycogen die Quelle des Zuckers in der Leber bilde, sondern dass daselbst durch eigenartige Prozesse eine Zuckerbildung aus Eiweiss oder Fett erfolge. Hierbei sei bemerkt, dass Seegen in seinen ersten Arbeiten (z. B. dies. Arch. Bd. 25, S. 195 und 28, S. 99) die Möglichkeit einer Bildung von Zucker aus Glykogen noch zugibt, später sie dagegen vollkommen leugnet (ebenda Bd. 41, S. 517).

Im Verein mit Kratschmer bestimmte er in einer Anzahl verschieden lange nach dem Tode untersuchter Leberstücke: 1. den darin enthaltenen Zucker, 2. die Gesammtsumme der darin befindlichen Kohlenhydrate, indem Glycogen und Dextrin durch Kochen mit Salzsäure in Zucker übergeführt und letzterer durch Titriren mit Fehling'scher Lösung bestimmt wurde. Seegen bestätigte zunächst die Angaben Cl. Bernards, dass die Leber auch während des Lebens stets Zucker enthält und dass die Menge desselben nach dem Tode schnell zunimmt; und zwar entsteht der grösste Theil des sich bildenden Zuckers (etwa 50 %) in der ersten bis zweiten Stunde nach dem Tode. Nach 24 Stunden tritt eine Zuckervermehrung nicht mehr ein. Hätte nun der so entstandene Zucker seine Herkunft aus dem Leberglycogen genommen, so hätte die Gesammtsumme der in der Leber enthaltenen Kohlehydrate stets konstant sein müssen. Es zeigte sich aber, dass dieselbe mit der Zeit zunahm. Damit war zugleich gesagt, dass der Leberzucker nicht oder nicht nur aus Glycogen entstanden sein könne, sondern dass noch andere Stoffe im Stande sein müssten, Zucker zu liefern. Diese Behauptungen, welche die bisherigen Vorstellungen so eingreifend veränderten, wurden durch Böhm und Hoffmann[2]) angegriffen; die beiden Forscher wandten sich gegen die

---

1) s. dieses Arch. Bd. 22 ff.

2) R. Böhm und F. A. Hoffmann, Ueber die postmortale Zuckerbildung in der Leber. Pflüger's Archiv Bd. 23.

von Seegen und Kratschmer geübte Methode der indirecten Bestimmung des Glycogens und stellten den Angaben Seegen's und Kratschmer's eigene Versuche gegenüber, in denen Glycogen- und Zuckermengen verschieden lange Zeit nach dem Tode in Leberstücken direkt bestimmt wurde. Sie fanden dabei, dass die Zuckerzunahme immer parallel gehe einer Abnahme des Glycogens, so dass zu jeder Zeit nach dem Tode die Summe von Glycogen und Zucker ein konstanter Werth blieb. Deshalb mussten sie entgegen den Seegenschen Anschauungen die Bildung von Zucker aus anderem Material als Glycogen für nicht erwiesen erklären. Auf diese Arbeit antworteten Seegen und Kratschmer mit einer ausführlichen Untersuchung, in der sie den Gehalt an Zucker, sowie an Glycogen und Dextrin direkt, daneben noch die Gesammtsumme der Kohlenhydrate indirekt durch Kochen der Flüssigkeit mit Salzsäure bestimmten. Sie fanden ihrerseits eine erhebliche Zuckerzunahme ohne gleichzeitige Abnahme des Glycogens, besonders in den ersten Stunden nach dem Tode, dagegen constatirten sie wiederum, dass die Gesammtsumme der in der Leber vorhandenen Kohlenhydrate nach dem Tode rasch zunahm. Sie waren also in der Lage ihre früheren Behauptungen aufrecht erhalten zu können.

Trotzdem wendet sich auch Girard[1]) wieder gegen die Versuche von Seegen und Kratschmer. Auch er greift Seegen's Methode der Bestimmung der Gesammtkohlenhydrate an und pflichtet auf Grund seiner Versuche ganz der von Böhm und Hoffmann geübten Kritik bei.

Auch gegen diesen Gegner sucht sich Seegen zu wehren. Es besteht, wie sich aus Obigem ergibt, ein unvereinbarer Widerspruch zwischen Seegen einer- und Böhm und Hoffmann sowie Girard andrerseits in einer Frage, die für die ganze Auffassung der postmortalen Zuckerbildung in der Leber von fundamentaler Bedeutung ist[2]). Böhm und Hoffmann, sowie Girard geben an, dass bei der postmortalen Zuckerbildung die Menge des Glycogens abnimmt, Seegen behauptet, dass das Glycogen nicht abnimmt, dagegen die Menge der „Gesammtkohlenhydrate", d. h. des sich beim

1) H. Girard, Ueber die postmortale Zuckerbildung in der Leber. Pflüger's Arch. Bd. 41, S. 294.

2) In Bezug auf diejenigen Versuche Seegen's, welche den Zuckergehalt des Pfortader- und Lebervenenblutes betreffen, vergleiche man die Kritik von E. Pflüger. (Dieses Arch. Bd. 50.)

Kochen mit Säuren bildenden Zuckers zunimmt, Zucker also aus einem anderen Material als Glycogen entsteht.

Die ausserordentlich grosse Zuckerausscheidung bei gewissen Diabetikern, die sich nur durch eine Bildung von Zucker aus Eiweiss im Organismus erklären liess, veranlassten nun weiterhin Seegen zu der Annahme, dass auch in der Leber für gewöhnlich der Zucker aus Eiweiss entstehe. Die gelegentliche Angabe von Böhm und Hoffmann, nach welcher peptonartige Körper in den Leberextracten enthalten sind, brachten ihn auf die Idee, dass sich Zucker aus Pepton bilden könne. Diese Bildung von Zucker aus Pepton in der Leber sucht Seegen auf drei verschiedene Arten festzustellen.

In einer ersten Versuchsreihe fütterte er Hunde mit grösseren Mengen Peptons und tödtete sie $^1/_2$ bis $1^1/_2$ Stunden nach der letzten Pepton-Zufuhr. Die sofort nach dem Tode untersuchte Leber enthielt in fast allen Fällen eine ungewöhnlich grosse Menge Zucker. Dieselbe schwankt um 1 %, während sie nach seinen Bestimmungen bei gemischter Fütterung nur 0,4—0,5 % beträgt.

In der zweiten Reihe injizirte er Hunden Peptonlösungen in die vena portarum. Auch dann war der Zuckergehalt der frisch untersuchten Leber hoch, etwa 1 %. Dieser erhöhten Zuckerbildung in der Leber entsprach auch ein höherer Zuckergehalt des Lebervenenblutes.

Nun erschien Seegen aber die Rolle des Peptons in diesen Versuchen eine zweifelhafte, er fragte sich, ob das Pepton das Material für die verstärkte Zuckerbildung in der Leber abgegeben habe, oder ob es vielleicht nur die Zuckerbildung begünstigte. Durch die Peptoninjektion wird ein narkotisch wirkendes Gift in den Körper gebracht, dasselbe konnte vielleicht durch Nerveneinfluss die Zuckerumsetzung in der Leber gesteigert haben. Um diese störenden Momente auszuschalten, stellte er Versuche an, durch die er ermitteln wollte, ob die unmittelbar nach dem Tode des Thieres aus dem Körper herausgenommene Leber noch die Fähigkeit besitzt, aus Pepton Zucker zu bilden.

Einige Vorversuche lehrten ihn, dass Peptonzusatz zu Leberstückchen in mässigem Grade eine Erhöhung der Zuckerzunahme gegenüber der Norm bewirkte; doch glaubte er viel grössere Ausschläge erhalten zu können, wenn er das Zellenleben der Leber möglichst energisch dadurch erhielt, dass er zur Arterialisirung des Blutes einen Luftstrom durch das Gemisch von Blut und Leber

leitete. Es wurde ein Theil des Organs in kleine Stücke geschnitten, mit Blut und Peptonlösung übergossen (z. B. 40 g Leber, 56 cbcm Blut, 5 g Pepton, letzteres gelöst in 50 g Wasser) und das Gemenge in einen Kolben gebracht, durch den vermittelst eines Aspirators Luft geleitet werden konnte. Ein anderes Stück Leber wurde mit Wasser in entsprechender Menge übergossen und die gleiche Zeit angestellt. Dann ergab sich, dass in dem Pepton-Leber-Blutstück eine beträchtliche Vermehrung sowohl des Zuckers als der Gesammtkohlenhydrate gegenüber dem andern Leberstück eingetreten war. Dem Einwande, dass das zugesetzte Blut schon an und für sich eine Verstärkung der Zuckerbildung bei dem gleichzeitig mit Pepton behandelten Leberstück veranlasst hätte, suchte er durch folgenden Versuch entgegenzutreten (es wird von dieser Art nur ein Experiment aufgeführt): ein Stück Leber wurde mit Blut, ein anderes mit der gleichen Menge Wassers, ein Drittes mit Blut und Pepton behandelt; dann ergab seine Analyse, dass in den ersten beiden Stücken gleiche Mengen Zuckers (2,94 %) und Gesammtkohlenhydrate (5 %) sich befanden, während in dem Pepton-Leber-Blutstück 3,90 % Zucker und 6,6 % Gesammtkohlenhydrate gefunden wurden. Die Zuckervermehrung betrug in seinen Versuchen bei dem Peptonzusatz mindestens 20 %, einmal 70 %, meist 30—50 %.

Wenn so aus Pepton Zucker abgespalten wurde, dann musste sich der stickstoffhaltige Rest des Materiales ebenfalls auffinden lassen und Seegen glaubte diese Forderung auch erfüllen zu können. In den Flüssigkeiten, welche er nach dem Enteiweissen bei einem Pepton-Leber-Blutversuch erhielt, fand er nach Ausfällung des unzersetzten Peptons durch Phosphor-Wolframsäure eine Vermehrung des Stickstoffgehaltes gegenüber den Flüssigkeiten, welche aus einem Controlversuch von Leber und Blut allein hervorgingen.

Damit glaubte er denn die wichtige Frage nach dem Material der Zuckerbildung in der Leber gelöst und in einem den bisherigen Anschauungen fremden Sinne aufgeklärt zu haben. Nicht das durch chemische Prozesse so leicht in Zucker umzusetzende Glycogen sollte den Bildungsstoff abgeben, sondern es sollte der Leber die Fähigkeit innewohnen, aus Eiweisskörpern Zucker abzuspalten. Diese Versuche haben nach Seegen auch ihre grosse Bedeutung für die Kenntniss und Auffassung der allgemeinen Stoffwechsel-

vorgänge im Organismus, da sie ein direkter Beweis sind für das Vorkommen einer direkten Bildung von Kohlenhydraten aus Albuminaten. Auch glaubt er damit für das Verständniss der Assimilation einen Fingerzeig gegeben zu haben, indem die Umwandlung des aus dem Darm resorbirten, giftigen Peptons in einen für den Körper ungiftigen und für ihn vielmehr verwerthbaren Stoff, also die Nutzbarmachung der eingeführten Eiweissnahrung als eine Function der Leber festgestellt sei.

Diese bemerkenswerthen Angaben fanden die erste Nachprüfung durch Chittenden und Lambert[1]). Dieselben bestimmten bei einer Anzahl Lebern von verschiedenen Thieren Zucker und Gesammtkohlenhydrate (letztere ebenfalls durch Kochen der Flüssigkeit mit Salzsäure) mit und ohne Zusatz von Pepton und fanden zwar in allen Fällen eine Vermehrung der Gesammtkohlenhydrate, in dem Peptonstück jedoch nur in 3 von 5 Fällen eine Zuckervermehrung, und zwar war dieselbe nicht gerade gross. Sie constatirten aber daneben auch eine Abnahme des Glycogens, die gross genug war, das Zuckerplus zu erklären. Diese positiven Resultate waren gewonnen an 2 Kaninchen und 1 Schaf. Die gegenüber Seegen's Zahlen durchaus geringfügige Zuckerzunahme im Pepton-Leberstück wird illustrirt durch folgende Zahlen, bei denen die niedrigere den Zuckergehalt des Controllstückes (ohne Peptonzusatz) angiebt:

2,74 % : 2,91 %
2,75 % : 3,26 %
0,96 % : 1,10 %.

Ausserdem zeigten sie entgegen den Seegen'schen Angaben in einem Versuche, dass bei Behandlung eines Leberstückes mit Blut sich eine Zuckerzunahme von 0,6 % gegenüber einem anderen Stücke, das mit Wasser übergossen war, nachweisen liess, dass diese Zuckerzunahme gedeckt war durch eine Glycogenabnahme von 1,26 %, dass ferner die Gesammtkohlenhydrate in beiden Stücken gleich waren.

Sie kamen nach diesen Versuchen zu dem Schluss, dass die geringfügige Zuckerzunahme bei dem Peptonzusatz zu Leber-

1) R. H. Chittenden und Alex. Lambert, Die postmortale Bildung des Zuckers in der Leber in Gegenwart von Pepton. Malys Jahres-Bericht f. Thierchem. Bd. 15. 1885, S. 309.

stücken keinen schlagenden Beweis für eine Zuckerbildung aus diesem Eiweissmaterial abgebe, zumal in diesen Fällen eine Glycogenabnahme immer nachgewiesen werden könne. Daher können sie sich nicht der Lehre Seegen's anschliessen.

Diesen Bedenken gegenüber erwidert Seegen, dass Chittenden und Lambert jedenfalls eine Vermehrung der Gesammtkohlenhydrate in der Leber unter dem Einfluss des Peptons bestätigen könnten, und damit wäre eine Neubildung von solchen Stoffen aus Eiweissmaterial bewiesen. Dass sie nicht immer eine Zuckervermehrung fanden, und dass dieselbe, wo sie sich zeigte, so gering war, erklärt er durch eine neue Hypothese, dass nämlich aus den Eiweisskörpern zuerst nicht reducirende Kohlenhydrate, etwa Dextrine gebildet und diese erst dann weiter in Zucker umgewandelt würden. In Chittenden's und Lambert's Versuchen wäre vielleicht die Lebensenergie der Leberzellen eine geringere gewesen, so dass sich die Ueberführung der aus Eiweiss nach seiner Hypothese gebildeten Dextrine in Zucker nicht vollzogen, also eine Zuckervermehrung sich zwar nicht zu erkennen gegeben hätte, wohl aber die Vermehrung der Kohlenhydrate eingetroffen wäre. Schliesslich forderte er, man solle auch an Hunden experimentiren, wie er selber, um zu gleichen Resultaten zu gelangen.

Auch Girard[1]) wendet sich gegen die Theorie einer Zuckerbildung aus Pepton mit folgenden Versuchen: Es standen ihm Thiere zur Verfügung, welche, geschwächt durch die eingreifendsten Operationen und von schweren Krankheiten (Rotz) ergriffen waren; deren Lebern erwiesen sich als zucker- und glycogenfrei. Controllstücke blieben auch bei längerem Liegenlassen zuckerfrei. Andere Stücke derselben wurden theils mit Glycogen theils mit Pepton zusammengebracht. Die ersteren waren nach einiger Zeit zuckerhaltig, die Pepton-Leberstücke wiesen keine Spur von Zucker auf. Besonders diese letzteren Versuche, in welchen eine Zuckerbildung der Leber aus zugefügtem Pepton nicht erfolgte, während eine solche aus Glycogen nachweisbar ist, sollen einen gewichtigen Einwand gegen Seegen's Theorien darstellen. Aber auch diesem Gegner gegenüber hält Seegen an seinen Anschauungen und der Beweiskraft seiner Versuche fest. Er rechnet aus Girard's eigenen

1) a. a. O.

Zahlen heraus, dass der Leberzuckergehalt unmöglich bedingt sein könne durch das von dem Organ eingeschlossene, zuckerhaltige Blut. Er glaubt aber seine viel höheren Zahlen auf eine bessere Methode der Zuckerbestimmung schieben zu können. Dass Girard eine Glycogenabnahme konstatiren konnte, während dieselbe in seinen (Seegen's) Versuchen nicht festzustellen war, glaubt er darauf beziehen zu müssen, dass Girard nicht genau sein Verfahren befolgt hat, also die Leberstücke nicht sofort nach dem Tode, mehrere Minuten, 2 Stunden nachher etc. untersuchte, sondern blos den Zustand 10 Minuten und 24 Stunden nach dem Tode verglich. In jedem Falle seien seine Experimente, dass eine Zuckerzunahme bei intactem Glycogenbestande erfolge, als mögliche Fälle, die sich bei den damaligen Thieren ereignet hätten, allen widersprechenden Angaben anderer entgegenzuhalten, bei denen dies Ereigniss nicht eingetroffen wäre. Den Peptonversuchen Girard's erwidert er, dass sie mit kranken Lebern angestellt seien, die infolgedessen die Fähigkeit, aus Pepton Zucker zu bilden, verloren hätten. Dass solche kranke Lebern nach dem Tode doch Glycogen umzuwandeln im Stande gewesen wären, beweise, dass diese Fähigkeit nicht der gesunden Leber als Lebensfunktion zukomme, sondern, dass diese diastatische Eigenschaft ihr gemeinsam sei mit allen Eiweisskörpern.

Auch Einwände, die sich nur auf kritische Ueberlegung, nicht auf Versuche stützen, wurden gegen Seegen ins Feld geführt. Hofmeister[1]) glaubt, aus Seegen's Versuchen nur schliessen zu können, dass bei Zufuhr von Pepton gesteigerte Zuckerbildung einträte; ob aber Pepton das Material für den Zucker abgäbe, sei nicht möglich zu entscheiden. Man könne die Zuckervermehrung z. B. darauf beziehen, dass die Leberzellen in günstigere Ernährungsbedingungen gesetzt würden, sie gebrauchen das Pepton vielleicht zu ihrer Ernährung und liessen es hierbei verschwinden, während sich in Folge ihrer gesteigerten Lebensenergie ihre zuckerbildende Function steigere.

Diesen Einwand kann Seegen nicht vollkommen entkräften, sucht ihn aber als wenig berechtigt hinzustellen.

Die letzte Kritik der Seegen'schen Theorien liefert Neu-

1) Arch. f. exp. Path. und Ther. 1885, Bd. 19, S. 27.

meister[1]). Gegen die drei Versuchsreihen Seegen's wendet er etwa folgendes ein:

Erstens macht er gegen die Fütterungsversuche mit Pepton, bei denen Seegen einen stärkeren Zuckergehalt der Leber als normal findet, geltend, dass Pepton, wenn es vom Darm aus resorbirt wird, gar nicht als solches bis zur Leber gelange, da es, wie die Versuche von Salvioli, Hofmeister und Neumeister lehren, bereits in der Schleimhaut des Darmkanals anderweitig verändert wird. Es muss deshalb auch in der That die Wahl Seegen's, gerade das Pepton zur Begründung seiner neuen Vorstellungen zu benutzen, als eine durchaus nicht glückliche erscheinen.

Zweitens wendet er sich gegen die Beweiskraft der Injectionsversuche von Pepton in die Pfortader, bei welcher Seegen ebenfalls die Vermehrung des Eigenzuckergehaltes der Leber antrifft, aus dem Grunde, weil sie zu schweren Circulationsstörungen im Unterleib führen, welche erfahrungsgemäss schon an sich eine vermehrte Umsetzung des Glycogens in der Leber veranlassen.

Gegen die dritte Reihe Seegen's, bei welcher überlebende Leberstücke mit Blut und Pepton digerirt werden, führt er an, dass Verschiedenheiten im Zuckergehalt solcher Stücke im Gegensatz zu Controllstücken auf Ungleichmässigkeiten im Glycogengehalt in einzelnen Stücken derselben Leber vielleicht zurückzuführen seien. Die Vermehrung der Gesammtkohlenhydrate bei den Pepton-Lebern, die auch von Chittenden und Lambert zugegeben wird, schiebt er hauptsächlich auf Rechnung der angewandten Methode, bei Gegenwart von Pepton den durch Kochen mit Salzsäure erhaltenen Zucker mit Fehling'scher Lösung zu titriren. Dies müsse zu Ungenauigkeiten führen, da die eintretende Biuretreaction einen Theil des Kupfers für sich in Beschlag nehme, so dass zur Reduction des Restes nur noch weniger Zucker gebraucht werde, also ein höherer Zuckergehalt der Flüssigkeit vorgespiegelt werde. Die von Seegen gefundene Vermehrung des Stickstoffgehaltes in den Flüssigkeiten, die aus einem Leberblutpeptonversuch hervorgingen, eine Vermehrung, die sich herschreiben sollte aus dem stickstoffhaltigen Rest des zugesetzten Peptons, hält er ebenfalls nur für eine scheinbare, da die Phosphor-

1) R. Neumeister, Zur Physiologie der Eiweissresorption und zur Lehre von den Peptonen. Z. f. Biologie N. F. Bd. 9, S. 347.

Wolframsäure nach seinen Versuchen Peptone nur zum Theil niederschlage, der ungefällte Rest des Peptons daher in der Flüssigkeit verbliebe, und so sich die Stickstoff-Zunahme auf die natürlichste Weise erkläre.

Er setzt endlich den Digestionsversuchen Seegen's einen direkten Versuch entgegen: Ein Kaninchen hungerte 8 Tage; die Leber desselben war glycogenfrei; gleiche Portionen derselben wurden abgewogen. Der eine Theil wurde, um jegliche Zellthätigkeit zu vernichten, auf 62° erhitzt, der andere intact gelassen, und nun Blut und Pepton zugesetzt. Während der 2stündigen Versuchsdauer wurde das Blut durch Luftzuleitung arteriell erhalten. Nun wurde zur Zuckerbestimmung die Gesammtmasse mit Alkohol behandelt, abfiltrirt, der Niederschlag mit Sand zerrieben, mit Alkohol ausgekocht und mehrmals gewaschen. Alle Filtrate wurden zur Trockne eingedampft, der Rückstand, nachdem durch Aether die Fette entzogen waren, mit Alkohol aufgenommen, die Lösung in eine wässerige überführt. Dieselbe war zuckerfrei. Es hatte sich also kein Zucker aus Pepton gebildet.

Wir sehen also, wie die verschiedenen Versuche Seegen's, welche nachweisen sollen, dass der Zucker in der Leber aus einem anderen Material als Glycogen entstehe, von keiner Seite bestätigt, sondern von allen, die sich mit dieser Frage beschäftigt haben, angegriffen werden.

Wie steht es nun mit der Frage nach der Ursache der postmortalen Zuckerbildung?

Cl. Bernard hatte die Einwirkung eines diastatischen Fermentes auf das Glycogen in der Leber angenommen.

Nachdem Seegen einmal zu der Anschauung gelangt war, dass Eiweiss oder Fett das Bildungsmaterial für den Zucker sei, hatten für ihn naturgemäss auch die Angaben Cl. Bernard's über das diastatische Ferment der Leber, mit dem er sich seiner Zeit selbst beschäftigt hatte, nur noch ein untergeordnetes Interesse. Die Umwandlung der Eiweissstoffe in Zucker konnte er nur auf die Thätigkeit der Leberzellen, nicht auf einen fermentativen Prozess zurückführen. Gegen einen solchen spräche die Erscheinung, dass nach seinen Untersuchungen die hauptsächliche Zuckerbildung (bis zu 50% des Gesammtwerthes) in der ersten Stunde nach dem Tode gebildet wird, während die weitere Zuckerbildung sehr lang-

sam weitergeht. Ein fermentativer Vorgang müsste nach seiner Ansicht zu einer fortwährenden Weiterbildung von Zucker bis zur Erschöpfung des Glycogens oder des Fermentes führen. Auch wenn man die Bildung des Zuckers aus Glycogen annähme, so könne man dieselbe nicht als die Wirkung eines diastatischen Fermentes auffassen. Denn der Leberzucker sei Traubenzucker, während durch die diastatischen Fermente Stärke sowie Glycogen in Dextrin und Maltose übergeführt werde.

Aus anderen Gründen ist auch Dastre[1]), der im Uebrigen an der Bildung von Zucker aus Glycogen festhält, ein Gegner der Ansicht, dass die Zuckerbildung in der Leber auf einer Fermentwirkung beruhe. Es ist nicht ohne ein gewisses Interesse seine Ansicht wörtlich wiederzugeben. „Le seul mode qu'on pût invoquer a priori était donc l'action d'une diastase. Il suffisait qu'il apparût, dans le foie ou dans le sang qui le traverse, un ferment comparable au ferment salivaire ou pancréatique de l'amidon, pour que le dernier mystère de la glycogénie fût dévoilé.

Or, ce ferment, on l'a cherché en vain. On n'a jamais réussi à le démontrer, ni à l'isoler. Les tentatives de Claude Bernard, de v. Wittich, d'Epstein et Müller, d'Abeles etc., qui ont été interprétées comme des succès partiels, sont en réalité des échecs, ainsi que nous démontrerons. Le ferment glycosique du foie est resté un être de raison, dont l'existence était acceptée comme une nécessité logique.“

Dieses Urtheil begründet Dastre durch folgende Versuche.

Zunächst sucht er zu beweisen, dass die saccharificirende Wirkung der Leberextracte, welche die oben erwähnten Forscher beobachteten, nicht die Folge einer Fermentwirkung, sondern die Folge einer Bacterienentwicklung in den Extracten gewesen sei. Zu diesem Zwecke stellte er sich aus Lebern Extracte her, welche er das einemal durch wiederholtes Erwärmen auf 55 ° C. und nachfolgendes Digeriren bei 34 ° C., das andere Mal durch Zusatz von 2 % oder 10 % Boraxlösung sterilisirte. Dieselben waren nicht im Stande Glycogen zu saccharificiren.

Zur Herstellung der Extracte benutzte er zum Theil Lebern von Kaninchen, welche durch Ausspülen mit kalter Kochsalzlösung vollkommen zuckerfrei gemacht und während des Extra-

1) A. Dastre, Recherches sur les ferments hépatiques. Archives de physiologie 1888. [4]. 1, p. 70.

hirens bei einer niedrigen Temperatur gehalten worden waren. Die Extracte waren zuckerfrei und wirkten auch nicht diastatisch, nachdem sie in der obigen Weise sterilisirt worden waren. Brachte er aber Theile derselben Lebern, welche einen unwirksamen Extract geliefert hatten, in die Wärme, so bildete sich ganz so wie in dem bekannten Versuche von Cl. Bernard Zucker.

Es waren also erstens die sterilen Extracte unwirksam, zweitens bildete sich in der blutfreien Leber kein Zucker in der Kälte, wohl aber beim Erwärmen. Da sich nun Dastre davon überzeugt zu haben glaubte, dass das diastatische Ferment des Speichels oder Pancreas durch die Kälte in seiner Wirksamkeit nicht beeinträchtigt werde, so sieht er in der hemmenden Wirkung, welche die Kälte auf die Zuckerbildung in der Leber ausübt, einen weiteren Beweis für die Abwesenheit eines diastatischen Fermentes in der Leber.

Nach der Ansicht von Dastre wird die Umwandlung des Glycogens in Zucker durch die Lebensthätigkeit der Leberzellen bewirkt (dies beweist auch der günstige Einfluss, welchen die Wärme auf die Zuckerbildung in der Leber hat). Sie ist die Folge ihrer Ernährung, die Consequenz ihrer Function. Die Leberzelle verhält sich in der Leber wie die Microorganismen in den Decocten; sie wandelt in die leicht diffusible und assimilirbare Glycose den in ihr enthaltenen, wenig diffusiblen Reservestoff Glycogen um; sie thut dies für sich selbst, verbraucht aber nur einen Theil dieses Zuckers, während der Blutstrom den grösseren Theil hinwegführt.

Die Kritik der Dastre'schen Beweisführung ist nicht schwierig. Man kann davon absehen, dass Dastre selbst Fälle beobachtete, in denen sich Zucker auch in der abgekühlten Leber bildete. Der wesentlichste Einwand ist wohl der, dass Dastre nicht bewiesen hat, dass die Kälte die Wirkung der diastatischen Fermente nicht beeinträchtigt. Wenn in der ausgewaschenen Leber in einer Reihe von Versuchen keine Zuckerbildung bei niedriger Temperatur erfolgte, so beweist dies nur, dass in der ausgewaschenen Leber die Menge des noch vorhandenen Fermentes eine sehr geringe war, so gering, dass sich unter dem Einfluss der Kälte keine nachweisbare Menge Zucker bildete.

Auch die Unwirksamkeit der sterilisirten Infuse ist mit Wahrscheinlichkeit darauf zurückzuführen, dass durch das Sterilisiren die geringe Menge des Fermentes völlig unwirksam geworden ist.

Aus den Versuchen Dastre's kann man also meiner Meinung nach nur den Schluss ziehen, dass die Menge des diastatischen Fermentes in der ausgewaschenen Leber gering ist, unvergleichlich viel geringer, als etwa in den Speicheldrüsen oder dem Pancreas.

Dass aber in der Leber ein diastatisches Ferment enthalten ist, zeigen in sehr überzeugender Weise die Versuche von Arthus und Huber[1]). Dieselben haben gefunden, dass sich durch Zufügung von Fluornatrium in Concentration von 1 % jegliche Zellthätigkeit aufheben lässt, dass dagegen die Wirksamkeit löslicher Fermente hierdurch nicht beeinflusst wird. Legten sie nun Stücke einer ausgewaschenen Leber in Fluornatriumlösung, so beobachteten sie eine beträchtliche Zuckerbildung in dieser. Sie geben ferner an, dass diese mit Fluornatrium bereiteten Leberextracte noch nach Wochen und Monaten die Fähigkeit Glycogen in Zucker umzuwandeln besitzen.

Es bleiben also die beiden Theile der Cl. Bernard-schen Lehre zu Recht bestehen: 1. in der Leber bildet sich Zucker aus Glycogen, 2. die Zuckerbildung aus Glycogen wird in der Leber durch ein diastatisches Ferment vermittelt.

Thun wir nun einen Schritt weiter und fragen wir, woher dieses Ferment in der Leber stammt, so giebt es nur zwei Möglichkeiten. Entweder bilden die Leberzellen selbst das Ferment, sie secerniren es in die Leberlymphe, es tritt aus dieser sei es durch die Capillarwände, sei es mit der übrigen Lymphe durch den Ductus thoracicus in das Blut über oder umgekehrt das diastatische Ferment des Blutes, dessen Entstehungsart noch unbekannt ist[2]), gelangt durch die Capillaren der Blutgefässe in die Lymphe und tritt von dieser aus in Wechselwirkung mit den Leberzellen.

Cl. Bernard geht dieser Frage in seinen Vorlesungen über Diabetes vollkommen aus dem Wege. Er spricht von dem diastatischen Fermente der Leber, äussert sich über die Abhängigkeit

1) Maurice Arthus et Adolphe Huber, Ferments solubles et ferments figurés. Arch. de physiol. 1892. [5] 4, p. 651.

2) Was die Hypothese von Tiegel anbetrifft, nach welcher das diastatische Ferment in den rothen Blutkörperchen enthalten, und beim Zerfall der rothen Blutkörperchen in der Leber frei werden soll, so sei auf meine Kritik der Tiegel'schen Angaben verwiesen (Dies. Archiv Bd. 52, S. 140).

seiner Wirkung von der Circulation in der Leber, sagt aber nicht, woher es stammt, in welcher Beziehung es zur Function der Leberzellen oder dem diastatischen Fermente des Blutes und der Lymphe steht.

Dagegen finden sich an anderen Orten folgende interessante Bemerkungen. Er sagt[1]: „J'avais d'abord pensé que le ferment était spécial au foie comme la matière glycogène elle-même; j'étais même parvenu à l'obtenir à l'état d'isolement. Mais voyant ensuite que le liquide sanguin possède la propriété de transformer cette matière glycogène en sucre avec une très-grande énergie, il devint impossible de songer à une localisation du ferment celui qu'on peut extraire du foie venant très-probablement du sang lui-même" und ähnlich[2]: „On sait en effet que le sang renferme des substances qui agissent comme ferments. Le sérum est dans le cas, les expériences de Magendie on montré qu'il agit sur l'amidon comme la diastase: c'est à cette propriété qu'est due la transformation en sucre de la matière amylacée du foie."

Es scheint hiernach, als ob Cl. Bernard in seiner Ansicht über die Bedeutung, welche das diastatische Ferment des Blutes für die Zuckerbildung in der Leber hat, schwankend wurde, vielleicht durch seinen Versuch der Leberwaschung. Die Thatsache, dass sich auch in der blutfreien Leber noch Zucker bildet, scheint ja auf den ersten Blick gegen eine Betheiligung des Blutes an dem Saccharificationsprocess in der Leber zu sprechen. Jedoch mit Unrecht, denn durch das Waschen wird wohl das Blut aus der Leber entfernt, aber nicht die Lymphe. Diese enthält aber ein Ferment, welches in seinen Wirkungen mit dem des Blutes identisch ist[3]) und sehr wohl aus dem Blute herstammen kann.

Für die Ansicht, dass das in der Leber enthaltene Ferment dasselbe wie im Blute ist, spricht, dass nach den übereinstimmenden Angaben verschiedener Autoren der Zucker, welcher sich in der Leber bildet, jedenfalls in seiner überwiegenden Menge Traubenzucker ist, und dass ebenso unter dem Einfluss des diastatischen Fermentes des Blutes aus Stärke Traubenzucker[4]) entsteht. Gerade

1) Compt. rend. XLI, p. 461.

2) Liquides de l'organisme. Paris 1859. I, p. 498.

3) M. Bial a. a. O.

4) M. Bial a. a. O. und F. Röhmann, Ber. d. d. chem. Ges. 1892 Bd. 25, S. 3654.

durch die Feststellung der letzteren Thatsache ist ein wesentliches Bedenken, welches gegen die Betheiligung eines diastatischen Fermentes an der Zuckerbildung in der Leber geltend gemacht wurde, beseitigt worden.

Es soll im Folgenden versucht werden, weitere Beweise für die Richtigkeit der Ansicht beizubringen, dass eine enge Beziehung zwischen dem diastatischen Fermente des Blutes und der Zuckerbildung in der Leber besteht.

II. Versuche zur Kenntniss der postmortalen Zuckerbildung in der Leber.

1. Ueber die Zuckerbildung im glycogenhaltigen Leberbrei beim Digeriren mit Blut.

Gelegentlich seiner Peptonversuche, auf die wir im folgenden Abschnitt näher eingehen werden, hatte, wie bereits oben S. 408 erwähnt wurde, Seegen[1]) einen Versuch angestellt, in welchem er den Zuckergehalt eines mit Wasser und eines mit Blut digerirten Leberstückes mit einander verglich. Er hatte keinen Unterschied zwischen beiden gefunden.

Dieses Resultat widerspricht vollkommen demjenigen, das ich unter analogen Bedingungen erhalten habe.

Bevor ich auf meine Versuche näher eingehe, seien die von Seegen und mir geübten Methoden der Zuckerbestimmung besprochen.

Seegen stellt die Zuckerbestimmung in seinen Versuchen in der Weise an, dass er das Blut von dem Leberbrei bei Beginn der Analyse trennt, und ersteres nach dem gewöhnlichen Verfahren mit essigsaurem Natron und Eisenchlorid enteiweisst. Der Leberbrei wird nun sehr oft mit kochendem Wasser ausgezogen, bis Proben des Extractes weder Zucker- noch Glycogenreaction mehr gaben. Diese Decocte wurden nun mit der dem Blute entstammenden, von Eiweiss befreiten Flüssigkeit vereinigt und eingedampft, darauf mit Alkohol gefällt, der Niederschlag abfiltrirt und im Filtrat der Alkohol verjagt. In der wässerigen Lösung dieses Alkoholextraktes wurde der Zucker durch Titriren

1) Dies. Archiv Bd. 28, S. 123. Versuch XXVIII.

bestimmt. Seegen hält das sehr lange Auskochen des Leberbreis für nothwendig zur Erzielung einer richtigen Analyse. Man wird ihm auch ohne Weiteres zugeben müssen, dass er dem Leberbrei damit möglichst allen Zucker entzogen hat; ob er aber bei dem nachherigen Eindampfen einer zuckerhaltigen und nicht ganz eiweissfreien Flüssigkeit von mehreren Litern einen Zuckerverlust erleidet, oder ob in dieser Flüssigkeit, welche ziemlich stark sauer reagirt, nicht eine Umwandlung von Dextrin oder Maltose in Dextrose eintritt, darüber erfahren wir nichts. Ebenso wenig werden die Schwierigkeiten, welche durch Anwesenheit des Peptons für die Titration entstehen, berücksichtigt. Es fehlt jede Controle seiner Methode.

Für meine Versuche suchte ich eine Enteiweissung der ganzen Masse schon bei Beginn der Analyse vorzunehmen und übte mich daher auf ein Verfahren ein, welches Seegen selbst bei anderer Gelegenheit benutzt hat: es wurde der mit Blut beschickte Leberbrei zur Verdünnung mit Wasser versetzt und dann zu dem Ganzen essigsaures Natrium und Eisenchlorid gegeben. Ich fand es dabei nützlich, vor dem Aufkochen die stark saure Reaction durch Zufügen von verdünnter Natronlauge etwas abzustumpfen. Verabsäumt man dies, dann bleibt nach dem Kochen meist etwas Eisen in der Lösung, und die Flüssigkeiten filtriren nachher sehr schwer.

Ich verwandte dabei meist auf ein Gemisch von 25 gr Leber und 25 ccm Blut 15 gr essigsaures Natrium und 7,5 ccm einer 25 % Eisenchloridlösung. Durch Vorversuche muss erprobt werden, wie gross ungefähr die nöthige Menge Natronlauge ist, damit einerseits die Schädlichkeit einer übermässigen Säuerung vermieden wird, andererseits die Flüssigkeit sauer genug ist, um ihre saure Reaction während des Aufkochens zu bewahren, so dass kein Zuckerverlust eintritt. Nach dem Enteiweissen wird der Niederschlag abfiltrirt, vom Filter wieder heruntergenommen und auf das Gründlichste zu einem feinen Brei verrieben, dann wird er aufs Filter zurückgebracht und mit grossen Quantitäten kochenden Wassers gewaschen, alle Filtrate vereinigt und auf ein bestimmtes Volumen eingedampft, dabei immer darauf gesehen, dass die Reaction der Flüssigkeit schwach sauer blieb, zu welchem Ende, wenn es nöthig schien, kleine Mengen Essigsäure und zugleich kohlensauren Kalkes, um freie Säure in der Flüssigkeit zu ver-

meiden, zugefügt wurden. Bei der Anwesenheit des Peptons (s. u.) wurde nur so weit eingedampft, dass die schliesslich erhaltene Titrirflüssigkeit höchstens 1 % Pepton enthalten konnte. Die Controle darüber, ob diese Methode brauchbare Resultate lieferte, wurde darin gesucht, dass der Zuckergehalt zweier gleich grosser Stücke derselben Leber, die mit gleichen Mengen Blut versetzt waren, auf solche Weise bestimmt wurde. War das Verfahren genau genug, dann war zu erwarten, dass sich ein gleich hoher Zuckergehalt herausstellen würde.

Es zeigte sich nun, dass die besprochene Methode in der That die erwarteten Anforderungen erfüllte:

Versuch 1.

25 gr Hundeleber, digerirt 5 Stunden bei Zimmertemperatur mit 25 ccm Blut, gaben 2,3 % Zucker.

Weitere 25 gr derselben Leber, in gleicher Weise behandelt, gaben 2,4 % Zucker.

Versuch 2.

25 gr Hundeleber, digerirt 4 Stunden bei Zimmertemperatur mit 25 ccm Blut, gaben 2,2 % Zucker.

Weitere 25 gr derselben Leber, in gleicher Weise behandelt, gaben 2,2 % Zucker.

Versuch 3.

25 gr Hundeleber, digerirt 4 Stunden bei Zimmertemperatur mit 25 ccm Blut, gaben 2,5 % Zucker.

Weitere 25 gr derselben Leber, in gleicher Weise behandelt, gaben 2,3 % Zucker.

Versuch 4.

25 gr Hundeleber, digerirt 6 Stunden bei Zimmertemperatur mit 25 ccm Blut, gaben 1,8 % Zucker.

Weitere 25 gr derselben Leber, in gleicher Weise behandelt, gaben 1,9 % Zucker.

Wenn ich nun an die Beschreibung der Versuche selber gehe, so war die Anordnung folgende: Ein in Morphiumnarcose befindlicher Hund wurde möglichst gut entblutet, das Blut defibrinirt. Dem Thiere wird darauf sofort die Leber entnommen und durch Schaben in einen Brei verwandelt, wobei die faserigen Gefässstränge sich auf das leichteste von dem hier in Betracht kommenden Parenchym trennen liessen. Nun wurden die entsprechenden Mengen abgewogen und in Kölbchen gebracht, durch welche Luft geleitet werden konnte.

Es wurde nun in ein Kölbchen Leberbrei und 0,6 % Kochsalzlösung, in das andere die gleiche Menge Leberbrei und Blut gebracht. Durch beide Kölbchen wurde Luft durchgeleitet, entsprechend den Angaben von Chittenden und Lambert.

Versuch 5.

25 gr Hundeleber, digerirt mit 25 ccm ClNa-Lösung 5 Stunden bei Zimmertemperatur, gaben 1,62 % Zucker.

25 gr derselben Leber, digerirt mit 25 ccm Blut, 5 Stunden bei Zimmertemperatur gaben 2,32 % Zucker.

Versuch 6.

25 gr Hundeleber, digerirt mit 50 ccm ClNa-Lösung 4 Stunden bei Zimmertemperatur, gaben 1,77 % Zucker.

25 gr derselben Leber, digerirt mit 25 ccm ClNa-Lösung + 25 ccm Blut 4 Stunden bei Zimmertemperatur, gaben 2,71 % Zucker.

Versuch 7.

25 gr Hundeleber, digerirt mit 25 ccm ClNa-Lösung 4 Stunden bei Zimmertemperatur, gaben 1,60 % Zucker.

25 gr derselben Leber, digerirt mit 25 ccm Blut 4 Stunden bei Zimmertemperatur, gaben 2,75 % Zucker.

Diese Versuche zeigen, dass bei der Digestion von Leberbrei mit Blut mehr Zucker gebildet wird, als bei der Digestion von Leberbrei mit Kochsalzlösung.

Die einfachste Erklärung für diese Thatsache ist die, dass das diastatische Ferment in der Leber eines durch Entbluten getödteten Hundes nur gering ist. Die Saccharification geht deswegen nur langsam von Statten; sie wird beschleunigt, wenn durch Zusatz von Blut dem Leberbrei eine weitere Fermentmenge zugeführt wird.

Die Richtigkeit dieser Anschauung konnte ich durch eine Versuchsreihe beweisen, in der sich zeigte, dass die Menge des Zuckers, welche sich in einem Gemisch von Blut und Leberbrei bildet, thatsächlich von dem Fermentgehalt des Blutes abhängig ist. Ich ging hierbei von Beobachtungen aus, die ich früher gemacht hatte [1]).

Ich hatte nachgewiesen, dass das Blut des neugeborenen Menschen nur spurweise oder gar kein diastatisches Ferment ent-

1) Dies. Arch. Bd. 53, S. 156.

hält, dass dasjenige des erwachsenen Menschen weit geringer an Fermentationskraft ist, als das mancher Thiere, dass die diastatische Wirkung des Blutes von Thier-Embryonen geringer ist als die von erwachsenen Thieren derselben Gattung und dass bei den verschiedenen Classen sich für gewöhnlich ebenfalls nicht unerhebliche und konstante Unterschiede in der zuckerbildenden Kraft ihrer Blutarten finden, z. B. dass Rinder- und (wie ich jetzt zufügen kann) Kaninchenblut meist schwächer wirken als Hundeblut, während Schweineblut demselben oft gleichkommt.

Ich digerirte deshalb gleiche Mengen desselben Leberbreis mit diesen verschieden stark diastatisch wirkenden Blutarten. Wäre die Thätigkeit der Leberzellen die alleinige Ursache der Zuckerbildung gewesen, so hätte man erwarten müssen, dass der Zuckergehalt in allen Fällen der gleiche war. Denn die verschiedenen Leberportionen befinden sich in sofern unter gleichen Bedingungen, als sie alle mit Blut digerirt wurden und in diesem — was Seegen für sehr wesentlich hielt — den Sauerstoff und anderes Ernährungsmaterial in gleicher Weise vorfanden. Es ergab sich aber, dass die Zuckerbildung bei solchen Digestionen eine verschiedene Stärke zeigte, je nachdem ich stark oder schwach fermentirendes Blut verwandte.

In den Versuchen 8—11 wurde, um eine Bacterien-Entwicklung zu verhindern, den Digestions-Flüssigkeiten Thymollösung zugesetzt und zwar in solchen Mengen, dass $^1/_2$ % Thymol sich in der Flüssigkeit befanden. Das Blut des neugeborenen Menschen und das aus menschlichen Placenten wurde in derselben Weise wie in den Versuchen der oben citirten Arbeit gewonnen.

Versuch 8.

20 gr Hundeleber, digerirt 5 Stunden bei Zimmertemperatur mit 20 ccm Blut eines neugeborenen Menschen, gaben 2,05 % Zucker.

20 gr derselben Leber, mit 20 ccm Blut einer menschlichen Placenta, gaben 2,28 % Zucker.

20 gr derselben Leber, mit 20 ccm Rindsblut, gaben 2,55 % Zucker.

20 gr derselben Leber, mit 20 ccm Hundeblut, gaben 2,80 % Zucker.

Versuch 9.

15 gr Hundeleber, digerirt 5 Stunden bei Zimmertemperatur mit 30 ccm 0,6 % ClNa-Lösung, gaben 1,78 % Zucker.

15 gr derselben Leber, mit 30 ccm Blut eines neugeborenen Menschen, gaben 1,88 % Zucker.

15 gr derselben Leber, mit 30 ccm Blut einer menschlichen Placenta, gaben 2,31 % Zucker.

15 gr derselben Leber, mit 30 ccm Rindsblut, gaben 2,64 % Zucker.

15 gr derselben Leber, mit 30 ccm Hundeblut, gaben 2,73 % Zucker.

Die Prüfung der diastatischen Kraft der angewandten Blutarten auf wässerige Glycogenlösungen ergab folgendes Resultat:

50 ccm 1 % Glykogenlösung enthielten nach 5stündiger Digestion mit

5 ccm Placentarblut: 0,1 % Zucker
5 „ Rindsblut: 0,2 „ „
5 „ Hundeblut: 0,25 „ „

Versuch 10.

25 gr Hundeleber, digerirt 5 Stunden bei Zimmertemperatur mit 25 ccm 0,6 % ClNa-Lösung, gaben 2,26 % Zucker.

25 gr derselben Leber, mit 25 ccm Blut eines neugeborenen Menschen, gaben 2,40 % Zucker.

25 gr derselben Leber, mit 25 ccm Blut einer menschlichen Placenta, gaben 2,62 % Zucker.

25 gr derselben Leber, mit 25 ccm Rindsblut, gaben 2,75 % Zucker.

25 gr derselben Leber, mit 25 ccm Hundeblut gaben 3,0 % Zucker.

---

50 ccm 1 % Glykogenlösung enthielten nach 5stündiger Digestion mit

5 ccm Blut des Neugeborenen: Keinen Zucker
5 „ „ der Placenta: 0,06 % Zucker
5 „ „ des Rindes: 0,12 „ „
5 „ „ des Hundes: 0,28 „ „

Versuch 11.

25 gr Hundeleber, digerirt 5 Stunden bei Zimmertemperatur mit 25 ccm 0,6 % ClNa-Lösung, gaben 2,36 % Zucker.

25 gr derselben Leber, mit 25 ccm Blut eines neugeborenen Menschen, gaben 2,44 % Zucker.

25 gr derselben Leber, mit 25 ccm Hundeblut, gaben 2,80 % Zucker.

Versuch 12.

20 gr Kaninchenleber, digerirt 5 Stunden bei Zimmertemperatur mit 20 ccm Kaninchenblut, gaben 1,72 % Zucker.

20 gr derselben Leber, mit 20 ccm Hundeblut, gaben 2,12 % Zucker.

---

50 ccm 1 % Glykogenlösung enthielten nach 5stündiger Einwirkung von

10 ccm Kaninchenblut: 0,14 % Zucker
10 „ Hundeblut: 0,21 „ „

Aus diesen Versuchen lässt sich schliessen:

Erstens dass durch Blut die Zuckerbildung in der Leber eines durch Entbluten getödteten Thieres gesteigert wird, zweitens dass diese Steigerung nicht von irgend welchen Nebenumständen, sondern von dem Fermentgehalte des Blutes abhängig ist.

2. Ueber die Zuckerbildung im glycogenhaltigen Leberbrei beim Digeriren mit Blut und Pepton.

Wie oben auseinander gesetzt wurde, glaubte Seegen gefunden zu haben, dass sich in dem Leberbrei mehr Pepton bilde, wenn derselbe mit Blut und Pepton, als wenn er mit Blut allein digerirt wurde.

Ich hielt eine derartige Thatsache von vornherein nicht für unmöglich; nur glaubte ich dieselbe in anderer Weise als Seegen erklären zu können.

Chittenden hatte nämlich in Gemeinschaft mit Smith[1]) und Cummins gezeigt, dass die Wirkung der Speichel- und Malzdiastase durch Zusatz von Pepton begünstigt werde.

Dies hatte mich veranlasst zu untersuchen, ob auch die diastatische Wirkung des Blutserums in ähnlicher Weise beeinflusst wird. Es geschah dies entsprechend meinen früheren Versuchen folgendermaassen: 50 ccm 1 % Stärkekleisters oder Glycogenlösung wurden mit 5 ccm Blutserum oder defibrinirten Blutes unter Zusatz von 1 ccm 10 % alcoholischer Thymollösung einige Zeit bei 30 ° C. digerirt. In einem anderen Kölbchen war die gleiche Mischung bereitet, nur dass von einer 10 % Peptonlösung 5—10 ccm zugesetzt wurden, sodass die Menge des Peptons im Versuchskölbchen 1—2 % betrug. Enteiweisst wurde mit essigsaurem Natrium und Eisenchlorid, titrirt wurde mit Knapp'scher Lösung und das gefundene Reductionsvermögen auf Traubenzucker bezogen. Dabei erheischt die Gegenwart von Pepton eine Vorsichtsmaassregel. Beim Kochen der Peptonlösungen mit Natronlauge bildet sich Schwefelalkali, welches einen Theil des in der Flüssigkeit enthaltenen Quecksilbercyanids (bei Fehling'scher Lösung des

1) Maly's Jahresber. Bd. 15, S. 258 u. 489.

Kupfers) für sich in Beschlag nimmt und somit eine Reduction vortäuscht. Man überzeugt sich davon, wenn man Peptonlösung allein mit Knapp'scher Lösung kocht; es entsteht ein schwarzer Niederschlag. Stellt man sich ferner eine 0,5 % Zuckerlösung her, welche Pepton in gewissen Mengen enthält, so findet man beim Titriren eine höhere Zahl als 0,5 %. Man kann nun, wie ich gesehen habe, diesen Fehler auf ein nicht in Betracht kommendes Minimum herabdrücken, wenn man die Concentration des Peptons in den zu titrirenden Flüssigkeiten nicht über 1 % steigen lässt, d. h. die zu titrirenden Flüssigkeiten immer in der entsprechenden Weise verdünnt.

Verwendet wurden 2 Peptonsorten, die eine aus der hiesigen Universitätsapotheke bezogen, schwach alkalisch auf Lacmus reagirend, die andere aus Dr. Grübler's Laboratorium, von saurer Reaction auf Lacmus.

Es folgen nun die Versuchsprotokolle.

Versuch 13.

Die Lösung von 50 ccm 1 % Stärkekleister enthielt nach 5 stündiger Einwirkung von

5 ccm Rindsblutserum: 0,34 % Zucker,
5 „ „ + 5 ccm 10 % Peptonlösung: 0,43 % Zucker.

Versuch 14.

Die Lösung von 50 ccm 1 % Stärkekleister enthielt nach 16 stündiger Einwirkung von

5 ccm Rindsblutserum:		0,27 % Zucker,
5 „ „	+ 5 ccm 10 % Peptonlösung:	0,51 „ „
5 „ „	+ 10 „ „ „	0,62 „ „

5 ccm Rindsblutserum, digerirt mit 10 ccm 10 % Peptonlösung + 50 ccm Wasser, erwies sich nach 16 Stunden als zuckerfrei.

Versuch 15.

Die Lösung von 50 ccm 1 % Stärkekleister enthielt nach 5 stündiger Einwirkung von

5 ccm Rindsblutserum:		0,21 % Zucker,
5 „ „	+ 5 ccm 10 % Petonlösung:	0,32 „ „
5 „ „	+ 10 „ „ „	0,37 „ „

5 ccm Rindsblutserum, digerirt mit 50 ccm Wasser + 10 ccm 10 % Peptonlösung, zeigten nach 5 stündiger Versuchsdauer keinen Zuckergehalt.

Versuch 16.

Die Lösung von 50 ccm 1 % Stärkekleister enthielt nach 10stündiger Einwirkung von

5 ccm Rindsblutserum: 0,27 % Zucker,
5 „ „ + 5 ccm 10 % Peptonlösung: 0,57 „ „

Versuch 17.

Die Lösung von 50 ccm 1 % Stärkekleister enthielt nach 16stündiger Einwirkung von

5 ccm defibrinirten Hundeblutes: 0,60 % Z.
5 „ „ „ + 5 ccm 10 % Peptonlösung: 0,82 „ „

5 ccm defibrinirten Hundeblutes, digerirt mit 50 ccm Wasser + 5 ccm 10 % Peptonlösung, erwiesen sich nach 16 Stunden als zuckerfrei.

Versuch 18.

Die Lösung von 50 ccm 1 % Glycogenlösung enthielt nach 8stündiger Einwirkung von

5 ccm defibrinirten Hundeblutes: 0,31 % Z.
5 „ „ „ + 5 ccm 10 % Peptonlösung: 0,38 „ „

5 ccm defibrinirten Hundeblutes, digerirt mit 50 ccm Wasser + 5 ccm 10 % Peptonlösung, erwiesen sich nach 8 Stunden als zuckerfrei.

Versuch 19.

Die Lösung von 50 ccm 1 % Glycogenlösung enthielt nach 5stündiger Einwirkung von

5 ccm Hundeblutserum: 0,38 % Zucker
5 „ „ + 5 ccm 10 % Peptonlösung: 0,42 „ „

Versuch 20.

Die Lösung von 50 ccm 1 % Glycogenlösung enthielt nach 18stündiger Einwirkung von

5 ccm defibrinirten Hundeblutes: 0,40 % Z.
5 „ „ „ + 10 ccm 10 % Peptonlösung: 0,48 „ „

Das Pepton befördert also die diastatische Wirkung des Blutserums ganz ähnlich wie die des Speichels oder Malzauszuges.

Man könnte also geneigt sein, dem Pepton auch in den Versuchen Seegen's eine gleiche Wirkung zuzuschreiben: Es finde in ihnen nicht eine Bildung von Zucker aus Pepton statt, vielmehr beruhe die Zuckerzunahme nur darauf, dass die Wirkung des diastatischen Fermentes in der mit Pepton versetzten Probe eine stärkere war.

Es war aber zweifelhaft geworden, ob die Beobachtung von

Seegen überhaupt richtig war. Wir haben bereits oben die Kritik, welche Neumeister an den Pepton-Versuchen Seegen's geübt hat, wiedergegeben und einen Versuch desselben angeführt, dessen Resultat mit denen Seegen's nicht übereinstimmte.

Ein Anhänger Seegen's hätte aber gegen diesen Versuch, der den Mangel einer Zuckerbildung aus Pepton bei Verwendung der Leber eines acht Tage hungernden Kaninchens beweisen sollte, einwenden können, dass eine derartige Leber nicht mehr eine ausreichende Lebensenergie besitze. Seegen würde einen derartigen Versuch für ebensowenig beweiskräftig halten, wie diejenigen, welche Girard mit den durch Krankheit von Glycogen befreiten Lebern anstellte und deren Zurückweisung auch Neumeister billigt. Seegen fordert ausdrücklich eine gewisse Stärke der Zellthätigkeit, damit auch wirklich bei der Umbildung des Peptons die Stufe des Zuckers erreicht werde, und der Prozess nicht etwa bei der hypothetischen Dextrinbildung stehen bliebe.

Ich stellte deswegen selbst noch einige Versuche an, in denen ich genau wie dies Seegen that, Leberstücke mit Blut und Pepton digerirte, den Zuckergehalt dieses Gemisches nach einiger Zeit bestimmte und ihn mit dem Zuckergehalt einer Controlprobe verglich, in welcher ein anderer Theil derselben Leber mit Blut allein digerirt worden war. Hierbei zeigte sich nun überraschender Weise, dass entgegen Seegen's Angabe keine Zuckervermehrung in dem Leber-Blut-Peptonstück eintrat gegenüber dem Controlstück.

Versuch 21.

25 gr Hundeleber, digerirt 5 Stunden bei Zimmertemperatur mit 25 ccm Blut + 25 ccm 0,6 % ClNa-Lösung, gaben 2, 55 % Zucker.

25 gr derselben Leber, mit 25 ccm Blut + 25 ccm 10 % Peptonlösung, gaben 2,70 % Zucker.

Versuch 22.

25 gr Hundeleber, digerirt 4 Stunden bei Zimmertemperatur mit 25 ccm Blut + 25 ccm 0,6 % ClNa-Lösung, gaben 2,80 % Zucker.

25 gr derselben Leber, mit 25 ccm Blut + 25 ccm 10 % Peptonlösung, gaben 2,71 % Zucker.

Versuch 23.

25 gr Hundeleber, digerirt 4 Stunden bei Zimmertemperatur mit 25 ccm Blut + 25 ccm 0,6 % ClNa-Lösung, gaben 2,15 % Zucker.

25 gr derselben Leber, mit 25 ccm Blut + 25 ccm 10 % Peptonlösung, gaben 2,20 % Zucker.

Versuch 24.

25 gr Hundeleber, digerirt 5 Stunden bei Zimmertemperatur mit 25 ccm Blut + 25 ccm 0,6 % ClNa-Lösung, gaben 2,82 % Zucker.

25 gr derselben Leber, mit 25 ccm Blut + 25 ccm 10 % Peptonlösung, gaben 2,72 % Zucker.

Versuch 25.

15 gr Hundeleber, digerirt 5 Stunden bei Zimmertemperatur mit 15 ccm Blut + 15 ccm 0,6 % ClNa-Lösung, gaben 2,55 % Zucker.

15 gr derselben Leber, mit 15 ccm Blut + 15 ccm 10 % Peptonlösung, gaben 2,64 % Zucker.

Versuch 26.

15 gr Kaninchenleber, digerirt 4 Stunden bei Zimmertemperatur mit 15 ccm Blut + 15 ccm 0,6 % ClNa-Lösung, gaben 1,81 % Zucker.

15 gr derselben Leber, mit 15 ccm Blut + 15 ccm 10 % Peptonlösung, gaben 1,90 % Zucker.

Versuch 27.

15 gr Kaninchenleber, digerirt 4 Stunden bei Zimmertemperatur mit 15 ccm Blut + 15 ccm 0,6 % ClNa-Lösung, gaben 1,04 % Zucker.

15 gr derselben Leber, mit 15 ccm Blut + 15 ccm 10 % Peptonlösung, gaben 1,02 % Zucker.

In Form einer Tabelle lassen sich die erhaltenen Resultate folgendermassen zusammenfassen:

Versuch	21	22	23	24	25	26	27	
Leber mit Blut und ClNa	2,55 %	2,80 %	2,15 %	2,82 %	2,55 %	1,81 %	1,04 %	Zucker
Leber mit Blut und Pepton	2,70 „	2,71 „	2,20 „	2,72 „	2,64 „	1,90 „	1,02 „	„
	Hund.					Kaninchen.		

Beiläufig sei bemerkt, dass sich in allen Titrirflüssigkeiten dieser Versuche Glycogen nachweisen liess.

Nach dem Ausfall dieser Versuche müssen die Angaben Seegen's über die Zunahme des Zuckers bei der Digestion von Leberbrei mit Blut und Pepton (im Vergleich mit der Digestion von Leberbrei und Blut allein) **als irrthümlich bezeichnet werden.**

Den Angaben Seegen's liegt meiner Ansicht nach ein Beobachtungsfehler zu Grunde, welcher auf der von ihm geübten

Methode beruht. Er berücksichtigte bei der Zuckerbestimmung nicht den Einfluss, welchen das Pepton auf die Titrirung ausübt.

Aber auch für den Gedankenkreis, in dem ich mich bewegte, entstand damit eine gewisse Schwierigkeit.

War, wie ich annahm, bei der postmortalen Zuckerbildung im Leberbrei das zuckerbildende Blut- und Lymphferment wirksam, dann hätte doch unter dem Einfluss des zugesetzten Peptons eine Verstärkung der Thätigkeit dieses Fermentes und eine Zuckervermehrung erwartet werden müssen. Nun konnte der Ausfall dieser Erscheinung vielleicht daran liegen, dass in diesen Versuchen nicht genau dieselben Mischungsverhältnisse von Pepton zu Blut obwalteten wie in den einfachen Versuchen, in denen die Wirksamkeit des Peptons auf das Blutferment festgestellt war. Ich hielt es deshalb für nothwendig, einen entsprechenden Versuch mit Leberbrei anzustellen, in der Weise, dass durch Verdünnen mit ClNa-Lösung möglichst ähnliche Verhältnisse wie in den Blutserumversuchen erreicht wurden. Da in den Grundversuchen auf 50 ccm Glycogenlösung 5 ccm Blut resp. Serum und von Pepton solche Mengen gegeben wurden, dass eine 1—2% Peptonlösung im Kölbchen resultirte, wurden dementsprechend hier auf 25 gr Leberbrei 25 gr Blut + 250 ccm 0,6 % ClNa-Lösung und 2,5 gr Pepton (gelöst in 25 ccm Wasser) oder ähnliche Mischungsverhältnisse verwandt. Aber auch in diesen Versuchen blieb das Pepton ohne alle Wirksamkeit.

Versuch 28.

25 gr Hundeleber, digerirt 6 Stunden bei Zimmertemperatur mit 25 ccm Blut + 175 ccm 0,6 % ClNa-Lösung, gaben 3,54 % Zucker.

25 gr derselben Leber, mit 25 ccm Blut + 25 ccm 10 % Peptonlösung + 250 ccm 0,6 % ClNa-Lösung, gaben 3,70 % Zucker.

Versuch 29.

15 gr Hundeleber, digerirt 7 Stunden bei Zimmertemperatur mit 10 ccm Blut + 210 ccm 0,6 % ClNa-Lösung, gaben 2,61 % Zucker.

15 gr derselben Leber, mit 10 ccm Blut + 100 ccm 0,6 % ClNa-Lösung + 10 ccm 11 % Peptonlösung, gaben 2,53 % Zucker.

Ein gleich negatives Resultat wurde erhalten, wenn man Blut und Pepton zu dem aufgekochten Leberbrei hinzufügte.

Versuch 30.

25 gr abgekochter Hundeleber, digerirt 7 Stunden mit 25 ccm Blut + 25 ccm 0,6 % ClNa-Lösung, gaben 2,57 % Zucker.

25 gr derselben Leber, digerirt 7 Stunden mit 25 ccm Blut + 25 ccm 10 % Peptonlösung, gaben 2,68 % Zucker.

Versuch 31.

15 gr abgekochter Hundeleber, digerirt 6 Stunden mit 10 ccm Blut + 110 ccm 0,6 % ClNa-Lösung, gaben 2,45 % Zucker.

15 gr derselben Leber, digerirt 6 Stunden mit 10 ccm Blut + 100 ccm 0,6 % ClNa-Lösung + 10 ccm 10 % Peptonlösung, gaben 2,57 % Zucker.

Aus diesen Versuchen lässt sich nur schliessen, dass irgend ein für die Wirkung des diastatischen Ferments wesentlicher Unterschied zwischen einem Gemisch von Blut bezw. Blutserum und Stärkelösung einerseits und einem Gemisch von Leberbrei und Blut bezw. Leberabkochung und Blut andrerseits besteht. Ueberlegt man sich nun, worauf derselbe beruhen kann, so muss man zunächst an Verschiedenheiten der Reaction denken.

Blut und Blutserum reagiren alkalisch. Stumpft man durch Zusatz einer Säure z. B. $^1/_{10}$ Normalschwefelsäure die Alkalescenz ab, so nimmt die diastatische Wirkung des Serums zu ganz analog wie dies beim Speichel[1]) und der Diastase[2]) des Malz beobachtet worden ist. Setzt man zum Serum mehr Säure hinzu, als zur Neutralität für blaues Lackmoid erforderlich ist, so nimmt die diastatische Wirkung ab.

Als ein Beispiel sei der folgende Versuch angeführt:

Versuch 32.

Aus dem Blut eines Hundes wird durch Centrifugiren das Serum gewonnen. 5 ccm dieses Serums, versetzt mit 2,5 ccm $^1/_{10}$ Normal-Schwefelsäure, zeigen gerade eine solche Reaction, dass beim Auftropfen auf blaues Lacmoidpapier die erste Spur eines rosafarbenen Hofes erscheint. Auf rothem Lacmoidpapier erhält man noch eine deutliche Blaufärbung:

Die Lösung von 1 % Stärkekleister enthielt nach 5stündiger Digestion
- von 5 ccm Serum: 0,48 % Zucker
- von 5 ccm Serum + 1,5 ccm $^1/_{10}$ N.-H_2SO_4: 0,61 „ „
- von 5 ccm Serum + 2,3 ccm $^1/_{10}$ N.-H_2SO_4: 0,23 „ „

Nun liegen bereits Angaben vor, z. B. von Dastre, nach welchen Leberdecocte sauer reagiren. Man kann deswegen an-

1) J. Cohnheim, Zur Kenntniss der zuckerbildenden Fermente. Virch. Arch. Bd. 28.

2) Chittenden l. c.

nehmen, dass durch die sauren Substanzen, vielleicht peptonartige Eiweissstoffe, welche sich nach dem Tode in der Leber bilden, die alkalische Reaction des Blutes soweit neutralisirt wird, dass in den obigen Versuchen ein weiterer Zusatz von Pepton keine Steigerung der diastatischen Wirkung mehr bedingt. Mit dieser Annahme stehen die folgenden Versuche in Einklang, in denen der Leberbrei mit neutralisirtem und nicht neutralisirtem Blutserum digerirt wurde.

Versuch 33.

Serum aus dem Blut eines Tages vorher getödteten Hundes. 5 ccm desselben lassen bei Zusatz von 3 ccm $^1/_{10}$ N.-H_2SO_4 gerade die beginnende Rosafärbung von blauem Lacmoidpapier erkennen.

20 gr Hundeleber, digerirt 5 Stunden bei Zimmertemperatur mit 20 ccm Serum + 8 ccm 0,6 % ClNa-Lösung, gaben 1,38 % Zucker.

20 gr derselben Leber, mit 20 ccm Serum, denen vorher 8,0 ccm $^1/_{10}$ N-H_2SO_4 zugesetzt sind, gaben 1,38 % Zucker.

Versuch 34.

Serum aus dem Blut eines Tages vorher getödteten Hundes. 5 ccm desselben lassen bei Zusatz von 2,5 ccm $^1/_{10}$ N-H_2SO_4 die beginnende Rothfärbung auf blauem Lakmoidpapier erkennen.

20 gr Hundeleber, digerirt 4 Stunden bei Zimmertemperatur mit 20 ccm Serum + 6,0 ccm 0,6 % ClNa-Lösung gaben 2,84 % Zucker.

20 gr derselben Leber, mit 20 ccm Serum, denen vorher 6,0 ccm $^1/_{10}$ N-H_2SO_4 zugesetzt sind, gaben 2,84 % Zucker.

Es zeigte sich kein Unterschied beider Proben.

Wenn sich somit weder die Seegen'schen Versuche als richtig, noch die Voraussetzung, mit der ich an die Nachprüfung derselben herantrat, als zutreffend erwiesen haben, so scheinen mir doch die in diesem Abschnitt mitgetheilten Versuche nicht ganz ohne Interesse zu sein.

Gegen die Annahme einer Fermentwirkung ist unter Anderem von Seegen geltend gemacht worden, dass der Saccharificationsprocess in der Leber nur in der ersten Zeit nach dem Tode eine gewisse Intensität zeigt, dass die Zuckerbildung bald aufhört und zwar zu einer Zeit, wo erst der kleinste Theil des Glycogens in Zucker umgewandelt ist. Man könnte dies als eine Hemmung der Fermentwirkung in Folge der Anhäufung der Fermentationsproducte auffassen; man muss aber nach den mitgetheilten Versuchen auch

daran denken, dass die postmortale Entstehung von sauren Producten in der Leber, der Zuckerbildung, nachdem sie zunächst vielleicht durch dieselbe beschleunigt worden ist, im weiteren Verlauf eine Grenze setzt.

3. Ueber Lépines peptosaccharificirendes Ferment.

In naher Beziehung zu den Versuchen Seegens stehen Angaben, welche Lépine über ein Pepton in Zucker umwandelndes Ferment macht, dasselbe soll nicht nur im Blut, sondern auch in verschiedenen Organen in wechselnder Menge vorhanden sein.

Der Nachweis desselben geschieht nach Lépine[1]) folgendermassen:

Es wird eine gewisse Menge defibrinirten Blutes eines wohlgenährten Hundes mit Pepton in einem solchen Verhältniss versetzt, dass dasselbe etwa 1 % Pepton enthält; zur Controle wird dieselbe Menge Blut ohne einen Zusatz verwandt. Beide Blutportionen werden bei einer Temperatur von 39°, besser noch 55—58° C. gehalten, um die Glycolyse auszuschliessen, oder es wird oxalsaures Natrium in kleinen Mengen zu demselben Zweck zugefügt. Dann genügte eine sehr kurze Zeit, „viel weniger als eine Stunde“, um in dem Peptonblut eine Vermehrung des Zuckers eintreten zu lassen, und zwar in solch hohem Grade, dass etwa $^1/_{10}$ des zugefügten Peptons in Zucker übergegangen sein sollte; es hätte sich also in dem Peptonblute 0,1 % Zucker mehr befinden müssen als in der Controlprobe.

Lépine fügt noch Experimente hinzu, aus denen hervorgeht, dass im Blute allein eine Zuckerbildung sich nachweisen lasse, wenn man dasselbe in Wasser von 55—58° C. einfliessen lässt. Dann ist innerhalb einer Stunde ebenfalls eine Zuckerbildung von 0,1 % des Blutes eingetreten. Dieselbe bezieht Lépine darauf, dass Wasser von obiger Temperatur die Eiweisskörper peptonisire und aus den Peptonen dann durch das peptosaccharificirende Ferment Zucker gebildet werde. Lépine hält diese Versuche aufrecht den

1) R. Lépine, Sur la production de sucre dans le sang aux dépens des peptones. Compt. rend. CXV (1892, II) p. 304. Sur le pouvoir pepto-saccharifiant du sang et des organes. Ibid. CXVI (1893, I) p. 123.

anders lautenden Angaben Schmidt-Mühlheim's[1]) gegenüber, der eine Veränderung des Peptons unter Bluteinwirkung nicht beobachten konnte. Lépine erklärt dies durch die Glycolyse, die in Schmidt-Mühlheim's Versuchen eingetreten wäre.

Wären diese Angaben Lépine's richtig, so hätte auch die angebliche Zuckerzunahme in den Versuchen Seegen's auf die Wirkung dieses peptosaccharificirenden Fermentes bezogen werden können.

Es ist mir aber, wie wir gesehen haben, nicht gelungen die Versuche Seegen's zu bestätigen. Hierin lag für mich zugleich der Beweis, dass auch die Angaben Lépines nicht richtig sein können. Denn wenn bei der Digestion von Leberbrei, Blut und Pepton keine grössere Zuckerzunahme erfolgte, als bei der Digestion von Leber und Blut ohne Pepton, so war auch nicht anzunehmen, dass bei der Digestion von Blut und Pepton allein eine Zuckerbildung stattfinden würde. Trotzdem suchte ich mich zur Sicherheit durch den directen Versuch hiervon zu überzeugen.

Versuch 35.

Blut eines gut gefütterten Hundes, einen Tag nach der Entnahme aus dem Gefäss.

25 ccm desselben, digerirt $1^1/_2$ Stunden bei 55° C., enthielten 0,10 % Zucker.

25 ccm desselben, + 2,5 ccm 10 % Peptonlösung, digerirt $1^1/_2$ Stunden bei 55°, enthielten 0,10 % Zucker.

Versuch 36.

Blut eines gut gefütterten Hundes. Steht $^1/_2$ Tag nach der Entnahme aus dem Gefäss.

50 ccm desselben. + 0,1 gr oxalsaures Natrium, digerirt 5 St. bei 30° C., enthielten 0,11 % Zucker.

50 ccm desselben, + 0,1 gr oxalsaures Natrium + 10% Peptonlösung, digerirt 5 St. bei 30° C., enthielten 0,12 % Zucker.

Versuch 37.

Blut eines gut gefütterten Hundes. Steht 2 Tage nach der Entnahme aus dem Gefäss.

---

1) Arch. f. Physiol. 1880, S. 49.

50 ccm desselben, + 0,1 gr oxalsaures Natrium, digerirt 3 St. bei 30°, zuckerfrei.

50 ccm desselben, + 0,1 gr oxalsaures Natrium + 5 ccm 10 % Peptonlösung, digerirt 3 St. bei 30°, zuckerfrei.

Versuch 38.

Blut eines gut gefütterten Hundes. Steht 1 Tag nach der Entnahme aus dem Gefäss.

25 ccm desselben, + 0,05 gr oxalsaures Natrium, digerirt 2 St. bei 30°, enthielten 0,06 % Zucker.

25 ccm desselben, + 0,05 gr oxalsaures Natrium + 25 ccm 10 % Peptonlösung, digerirt 2 St. bei 30°, enthielten 0,04 % Zucker.

Versuch 39.

Blut eines gut gefütterten Hundes. Steht 10 Stunden nach der Entnahme aus dem Gefäss.

25 ccm desselben, + 0,05 gr oxalsaures Natrium, digerirt 1 St. bei 30°, enthielten 0,050 % Zucker.

25 ccm desselben, + 0,05 gr oxalsaures Natrium + 2,5 ccm 10% Peptonlösung, digerirt 1 St. bei 30°, enthielten 0,044 % Zucker.

Versuch 40.

Blut eines gut gefütterten Hundes. Steht 2 Stunden nach der Entnahme aus dem Gefässe.

50 ccm desselben, + 0,1 gr oxalsaures Natrium, digerirt 2 St. bei 30°, enthielten 0,08 % Zucker.

50 ccm desselben, + 0,1 gr oxalsaures Natrium + 5 ccm 10 % Peptonlösung, digerirt 2 St. bei 30°, enthielten 0,08 % Zucker.

Versuch 41.

Blut eines 3 Tage hungernden Hundes. Sogleich nach der Entnahme aus dem Gefäss verwendet.

50 ccm desselben, + 0,1 gr oxalsaures Natrium, digerirt 1 St. bei 30°, enthielten 0,05 % Zucker.

50 ccm desselben, + 0,1 gr oxalsaures Natrium + 5 ccm 10 % Peptonlösung, digerirt 1 St. bei 30°, enthielten 0,045 % Zucker.

Versuch 42.

Blut eines 3 Tage hungernden Hundes. Sogleich nach der Entnahme aus dem Gefäss verwendet.

50 ccm desselben, + 0,1 gr oxalsaures Natrium, digerirt $^3/_4$ St. bei 30°, enthielten 0,04 % Zucker.

50 ccm desselben, + 0,1 gr oxalsaures Natrium + 45 ccm 10 % Peptonlösung, digerirt $^3/_4$ St. bei 30°, enthielten 0,035 % Zucker.

In dem ersten dieser Versuche wurde zum Ausschluss einer Glycolyse das von Lépine angegebene Verfahren gewählt, d. h. das Blut wurde bei einer Temperatur von 55—58° gehalten, die Enteiweissung geschah mittelst essigsaurem Natrium und Eisenchlorid. In den anderen Versuchen wurde oxalsaures Natrium zum Blute hinzugesetzt. Die Enteiweissung und Zuckerbestimmung erfolgte in diesen Fällen nach Abeles. In allen Versuchen wurde defibrinirtes Hundeblut verwendet.

Wie zu erwarten war, zeigte sich entgegen den Angaben Lepine's in keinem meiner Versuche eine Zuckerbildung bei der Digestion von Blut und Pepton.

Die Beobachtungen Lépine's erklären sich meiner Ansicht nach in folgender Weise: Durch eine Reihe von Forschern [1]) ist auf das Vorkommen von dextrinartigen Substanzen im Blute hingewiesen worden. Lépine selber [2]) hat auf das Vorhandensein von „Glycogen" im Blute geschlossen aus der Zuckerzunahme, welche man nach der Entnahme des Blutes beobachtet, wenn man dasselbe unter Ausschluss der Glycolyse eine kurze Zeit lang stehen lässt. Er bezieht die Zuckerzunahme in diesem Falle auf eine Umwandlung des im Blute enthaltenen Glycogens durch das diastatische Ferment des Blutes. Denkt man nun daran, dass Pepton, wie ich oben gezeigt habe, wenn es dem Blute zugesetzt wird, die Saccharification beschleunigt, so ist es leicht möglich, dass zu einer Zeit, in welcher noch nicht alles Glycogen umgewandelt war, also in „weniger als einer Stunde" sich in dem mit Pepton versetzten Blute bereits mehr Zucker gebildet hatte als in der Controlprobe.

Die oben von mir mitgetheilten Versuche waren so angestellt, dass sich dieser Einfluss des Peptons nicht geltend machen konnte. Stammte das Blut von Hunden, welche in gewöhnlicher Weise gut genährt oder sogar reichlich mit Kohlenhydraten gefüttert worden waren, so liess ich dasselbe erst eine Zeit lang stehen, bis ich erwarten durfte, dass sich alle zuckerbildenden Substanzen durch das diastatische Ferment des Blutes in Zucker umgewandelt hatten, andernfalls verwendete ich Blut von hungernden Thieren in der Voraussetzung, dass es frei von zuckerbildenden Substanzen war.

1) vgl. C. f. Physiol. 1892. Bd. 6.

2) Compt. rend. 1891 I. Bd. 112. S. 1414.

Schluss.

Aus der Litteraturübersicht im ersten Theile dieser Arbeit sowie aus den im zweiten Theile beschriebenen eigenen Beobachtungen wird der Leser zur der Ueberzeugung gelangt sein, dass die Angaben, welche Cl. Bernard über die postmortale Zuckerbildung in der Leber gemacht hat, in vollem Umfang aufrecht zu erhalten sind.

In der Leber bildet sich nach dem Tode Zucker unter Abnahme von Glycogen. Dies kann trotz der entgegengesetzten Behauptung von Seegen gar nicht bezweifelt werden. Die Methoden, welche Seegen anwendet, um nachzuweisen, dass sich Zucker aus einem anderen Material als Glycogen bildet, sind nicht einwandsfrei. Seine Angaben, nach welchen sich Zucker aus Pepton bilden soll, beruhen, wie ich gezeigt habe, auf Beobachtungsfehlern.

Die Umwandlung des Glycogens in Zucker erfolgt in der Leber, wie Cl. Bernard angiebt und Arthus und Huber bewiesen haben, durch ein diastatisches Ferment.

Ein Theil der oben mitgetheilten Versuche und Ueberlegungen weist darauf hin, dass das diastatische Ferment der Leber identisch mit dem diastatischen Fermente des Blutes ist und vermuthlich von diesem herstammt.

Es ist wohl überflüssig noch ausdrücklich zu betonen, dass die Bildung von Zucker aus Glycogen, die Bildung von Zucker aus Eiweiss in der Leber nicht ausschliesst. Dass Zucker aus Eiweiss im Organismus entsteht, wird heut zu Tage nach den Versuchen von v. Mering und Minkowski wohl niemand mehr bezweifeln; die Möglichkeit, dass sich auch in der Leber Zucker aus Eiweiss bilden kann, wird man also Seegen ohne weiteres zugeben; nur sind seine Versuche weder für eine Zuckerbildung aus Eiweiss ausreichend beweiskräftig noch sprechen sie gegen eine Bildung von Zucker aus Glycogen in der Leber.

Die in dieser Arbeit von mir mitgetheilten Versuche wurden im pharmakologischen Institut der Universität Breslau ausgeführt. Herrn Professor Filehne bin ich zu vielem Danke verpflichtet für die Bereitwilligkeit, mit der er mir die Mittel dieses Instituts zur Verfügung stellte.

(Aus dem physiologischen Institut zu Breslau.)

Ueber den Einfluss der Lymphagoga auf die diastatische Wirkung der Lymphe.

Von

F. Röhmann und **M. Bial.**

Zahlreiche Versuche von Cl. Bernard und Pavy bis zu Abeles und Seegen beweisen, dass anscheinend geringe Eingriffe eine Steigerung der Zuckerbildung in der Leber bewirken [1]. „Jede Störung der Circulation in der Leber" lässt den Zuckergehalt der Leber und des Lebervenenblutes anschwellen; das einfache Aufbinden eines nicht narcotisirten Thieres genügt hierzu.

Durch eine Einwirkung auf die Circulation in der Leber wirkt nach Cl. Bernard auch die Piqûre.

Die Folge derselben, der Diabetes, tritt nicht ein, wenn die Leber glycogenfrei ist, ein Beweis dafür, dass ebenso wie nach dem Tode so auch im Leben eine Zuckerbildung aus Glycogen in der Leber erfolgt.

Der Schluss liegt nahe, dass jene anderen „Störungen der Circulation" ähnlich wirken wie die durch die Piqûre gesetzte, d. h. dass die Zunahme des Zuckergehalts im Lebervenenblute auch bei ihnen auf eine schnelleintretende Saccharification von Leberglycogen zurückzuführen ist.

Es handelt sich also in beiden Fällen um die abnorme Steigerung eines normalen Vorganges, um ein Anwachsen der Zuckerbildung aus Glycogen in der Leber; in beiden Fällen spielt bei derselben das Verhalten der Circulation eine gewisse Rolle, nur wird die „Störung der Circulation" das eine Mal, bei der Piqûre, direct vom Centralnervensystem, das andere Mal auf irgend einem reflectorischen Wege ausgelöst.

---

1) Vgl. E Pflüger, Zweite Antwort an Herrn Prof. Seegen betr. Muskelkraft und Zuckerbildung. Dies Arch. Bd. 50, S. 400 fgd.

Wie soll man sich aber die Wirkung dieser „Circulationsstörung erklären?"

Cl. Bernard drückt sich folgendermaassen aus. „L'influence nerveuse paraît donc s'exercer par l'intermédiaire de la circulation. Et ceci comprend. Les cellules hépatiques, foyers de matière glycogène, se trouvent entourées d'une sorte de réseau sanguin; la circulation devenant plus active dans le réseau, le contacte du liquide sanguin avec les liquides cellulaires mieux assuré, l'action est plus énergique sur la matière glycogène, la transformation devient plus abondante, et le sucre produit est immédiatement entraîné. L'augmentation de rapidité de la circulation du foie accroît la glycémie. Voilà la théorie de l'opération."

Man wird zugeben, dass diese Sätze nichts weniger enthalten als eine befriedigende Erklärung für die Beziehung, in welcher die Circulation zur Zuckerbildung in der Leber steht.

Für gewöhnlich erklärt man den Einfluss, welchen ein schnellerer oder langsamerer Blutstrom auf die Secretion von Drüsen ausübt dadurch, dass im Blut der Drüse das Secretionsmaterial, sowie diejenigen Stoffe, z. B. Sauerstoff zugeführt werden, deren sie selbst für ihre Lebensthätigkeit bedarf.

In dieser Weise könnte der Blutstrom die Zuckerbildung aus Glycogen in der Leber nur beeinflussen, wenn dieselbe direct von der Function der Leberzellen abhängig wäre. Sie ist aber ein fermentativer, von der Function der Leberzellen im Wesentlichen unabhängiger Process [2]). Es muss also eine andere Beziehung zwischen Blutcirculation und Zuckerbildung in der Leber bestehen. Die Beschleunigung des Blutstromes in der Leber ist vielleicht nur die Begleiterscheinung anderer Vorgänge. —

Das Material für die Zuckerbildung, das Glycogen, liegt in den Leberzellen, das Ferment befindet sich im Blutstrom und in der Lymphe, welche die Leberzellen umspült.

Pavy nahm an, dass die Insulte, welche die Leber treffen, zu einem Austritt von Glycogen aus den Leberzellen führen. Dasselbe gelange ins Blut und werde dort durch das diastatische Ferment des Blutes schnell in Zucker umgewandelt.

Irgend eine Thatsache, welche für diese Anschauung spricht,

---

1) Cl. Bernard, Leçons sur le diabète. Paris 1877, S. 371.

2) S. die vorstehende Arbeit von M. Bial.

lässt sich bisher nicht beibringen. Gegen dieselbe spricht die Piqûre und ihr Einfluss auf die Circulation in der Leber. Denn wäre die Pavy'sche Hypothese richtig, so könnte man die Wirkung der Piqûre kaum anders erklären als durch einen directen Einfluss von Nerven auf die Leberzellen. In diesem Falle wäre aber gar nicht abzusehen, in welcher Beziehung hierzu das Verhalten der Blutgefässe stände.

Uns drängte sich ein anderer Gedanke auf.

Nach den Untersuchungen Heidenhain's sind die Wandungen der Blutcapillaren nicht einfache Membranen, durch welche hindurch nur eine Diffusion vom Blut zur Lymphe hin stattfindet, die Bildung der Lymphe beruht vielmehr wesentlich auch auf einer secretorischen Thätigkeit der Capillarzellen.

Gewisse Stoffe, Heidenhain's Lymphagoga der ersten Reihe, wirken auf die Capillarzellen als Reize und veranlassen sie zu einer gesteigerten Aufnahme von Plasma aus dem Blute und zur Abgabe desselben an die Lymphe. Hierbei erleidet das Plasma gleichzeitig eine Veränderung, indem der Procentgehalt desselben an organischer Substanz zunimmt, der procentische Salzgehalt dagegen unverändert bleibt.

Es ist ferner nicht unwahrscheinlich, dass durch Reize, welche von nervösen Centren ausgehen, ähnliche Einflüsse auf die Lymphbildung ausgeübt werden wie durch die Lymphagoga. Die Arbeiten von Paschutin, Emminghaus, Jankowsky, Rogowicz beweisen, dass die Lymphbildung in einer gewissen Abhängigkeit vom Nervensystem steht. Sie zeigen ferner, dass neben Aenderungen der Lymphbildung Aenderungen in der Innervation der Gefässe einhergehen, ohne dass jedoch erkennbar wäre, welche Beziehung zwischen beiden Erscheinungen besteht.

Es liegt nun nichts näher als anzunehmen, dass unter denselben Verhältnissen, unter denen der Trockenrückstand in der Lymphe zunimmt, auch die diastatische Wirkung derselben eine Steigerung erfährt. Wenn z. B. nach der intravenösen Injection von Krebsmuskelextract Eiweisskörper in gesteigertem Maasse aus dem Blut in das Plasma übertreten, warum sollte nicht auch gleichzeitig ein Uebertritt von diastatischem Fermente erfolgen?

Auf Grund dieser Annahme liesse sich für die Zuckerbildung aus Glycogen in der Leber folgende Hypothese aufstellen: Unter

dem Einfluss derselben Reize, welche die secretorische Thätigkeit der Blutcapillaren beherrschen, treten grössere oder geringere Mengen des diastatischen Fermentes aus dem Blute in die Lymphe über. Der grössere oder geringere Gehalt der Lymphe an diastatischem Ferment ist es, welcher eine grössere oder geringere Saccharification von Glycogen in der Leber zur Folge hat. Jene Reize sind begleitet von Veränderungen in der Weite der Gefässe.

Der erste Schritt zur experimentellen Prüfung dieser Hypothese ist natürlich der, zu untersuchen, ob durch die erwähnten Lymphagoga in Wirklichkeit die diastatische Wirkung der Lymphe gesteigert wird. Es scheint dies zwar nur eine fast selbstverständliche Consequenz der Beobachtungen Heidenhain's zu sein, man hat aber nur Eines zu bedenken. Selbst wenn sich die Menge des diastatischen Ferments in demselben Sinne wie der Trockenrückstand, d. h. die Menge der Eiweisskörper in der Lymphe änderte, brauchte doch nicht nothwendig die diastatische Wirkung der Lymphe sich gleichzeitig in demselben Sinne zu ändern. Menge des Fermentes und Wirkung des Fermentes fallen nicht ohne Weiteres zusammen. Die letztere hängt nicht nur von der ersteren ab, sondern auch von gewissen Nebenumständen wie Salzgehalt, Reaction u. a. m. Die von Heidenhain beobachteten qualitativen Aenderungen der Lymphe, im Besonderen die Aenderung im Verhältniss von Eiweiss und Salzgehalt forderten zur Vorsicht auf und liessen die folgenden Versuche nicht überflüssig erscheinen.

Dieselben wurden genau in der von Heidenhain beschriebenen Weise angestellt.

Hunden wurde in der Morphium - Chloroformnarkose eine Kanüle in den Ductus thoracicus eingelegt und die ausfliessende Lymphe in kleinen Messcylindern aufgefangen Vor und nach der Eiwirkung des Lymphagogons wurde die diastatische Wirkung der Lymphe bestimmt.

Als Maass derselben diente das Reductionsvermögen, ausgedrückt in Traubenzuckerprocenten, welches 50 ccm einprocentiger Stärkekleister innerhalb von 5 Stunden unter dem Einfluss von 5 ccm Lymphserum bezw. Gesammtlymphe erlangt hatte. Die Bestimmung geschah durch Titriren mit Knapp'scher Lösung nach vorherigem Enteiweissen mit essigsaurem Eisen. In einer grösseren Zahl von Versuchen wurde die diastatische Wir-

kung der Lymphe mit der des Blutserums bezw. Blutplasmas verglichen.

Als Lymphagogon diente zunächst Pepton.

Es betrug die diastatische Wirkung

	der Lymphe	des Blutserums bez. Blutplasmas	
Versuch 1:	0,30	0,55	vor der Peptoninjection.
	0,66	0,50	nach „ „
Versuch 2:	0,33	0,39	vor „ „
	0,43	0,36	nach „ „
	0,38	0,37	nach „ „
Versuch 3:	0,34	—	vor „ „
	0,47	—	nach „ „

Nach den Peptoninjectionen nahm also die diastatische Wirkung der Lymphe zu, während die des Blutes eine erhebliche Aenderung nicht erkennen liess oder vielleicht eine geringe Abnahme zeigte.

Während in der Norm die diastatische Wirkung der Lymphe geringer ist als die des Blutserums, steigt sie unter dem Einfluss der Peptoninjection an, so dass sie diejenige des Blutserums erreicht oder sogar überschreitet.

Um dieses Resultat gegen etwaige Einwände sicher zu stellen, sei noch Folgendes bemerkt.

Der Eigenzucker der Lymphe kam bei den obigen Versuchen nicht in Betracht, er änderte sich, wie directe Bestimmungen zeigten, unter dem Einfluss des Peptons nicht wesentlich.

Da ferner Pepton selbst in gewisser Menge die diastatische Wirkung steigert, so musste man daran denken, dass die Zunahme der diastatischen Wirkung der Lymphe auf dem Uebergang von Pepton in die Lymphe beruhe. Nun sind uns nach den Versuchen von Starling[1]) die Mengen von Pepton, welche nach der intravenösen Peptoninjection in die Lymphe übertreten, annähernd bekannt. Starling fand nach der Peptoninjection von 0,5 gr pro Kilo Thier, derselben Menge, die wir verwendeten, höchstens einen Peptongehalt der Lymphe von 0,6 %, meist war er erheblich ge-

1) Ernest H. Starling, Contributions to the physiology of lymph-secretion. Journ. of Physiology 1893. Vol. XIV.

ringer. Setzt man von einer derartigen Lymphe 5 ccm zu 50 ccm des 1 % Stärkekleisters (s. o.), so enthält die Flüssigkeit nur 0,05 %. Ein derartig geringer Peptongehalt ist aber ohne Einfluss auf die Saccharification.

Auch mit der Ungerinnbarkeit der Peptonlymphe steht die Zunahme der diastatischen Wirkung nicht im Zusammenhang. Beim Vergleich von Blut, von dem wir einen Theil hatten gerinnen lassen, einen anderen mit oxalsaurem Natrium versetzt hatten, zeigte sich kein Unterschied in der diastatischen Wirkung des Serums und des Plasmas.

Eine Veränderung der Lymphe konnte ferner dadurch vor sich gegangen sein, dass sich die Reaction nach der Injection änderte. Es wurde deshalb in mehreren Fällen die Alkalescenz der Lymphe bestimmt, indem 5 ccm mit $^1/_{10}$ Normalschwefelsäure versetzt wurden, bis sich auf blauem Lakmoidpapier eine schwache Rothfärbung auszubilden begann: Es wurden bei der normalen Lymphe und der Lymphe nach der Peptoninjection die gleichen Mengen $^1/_{10}$ Normalschwefelsäure verbraucht.

Um nun aber auch alle anderen in der Versuchsanordnung etwa liegenden Fehler auszuschliessen, wurden zum Vergleich Versuche angestellt, in denen statt Pepton 0,6 % Kochsalzlösung ins Blut gespritzt wurde.

Es betrug die diastatische Wirkung

	der Lymphe	des Blutserums bez. Blutplasmas	
Versuch 4:	0,43	0,46	vor der Kochsalzinjection.
	0,37	0,44	nach „ „
	0,35	0,46	
Versuch 5:	0,48	0,57	vor „ „
	0,43	0,51	nach „ „
	0,41	0,51	

Im Gegensatz zu den Peptoninjectionen bewirkt die Injection von Kochsalz keine Zunahme, sondern eine Abnahme der diastatischen Wirkung der Lymphe. Die diastatische Wirkung des Blutserums bleibt annähernd constant oder nimmt ebenfalls ab.

Ganz ähnlich wie die Lymphagoga der ersten Reihe wirkt nach Heidenhain auch die Anstauung des Blutes in der unteren Hohlvene oberhalb des Zwerchfells.

Es betrug die diastatische Wirkung

	des Lymphserums bez.	des Blut-Plasmas		
Versuch 6:	0,31	0,39	vor	Anstauung d. Blutes in d.
	0,40	0,41	nach	unteren Hohlvene
Versuch 7:	0,38	—	vor	„
	0,45	—	nach	„
	0,50	—		
Versuch 8:	0,37	—	vor	„
	0,47	—	nach	„
	0,50	—		

Die diastatische Wirkung der Lymphe und des Blutes verhielt sich also in der That ebenso wie nach der Injection von Pepton. Als Controllversuch diente hier die Unterbindung der Pfortader.

Es betrug die diastatische Wirkung

	des Lymphserums	des Blutserums		
Versuch 9:	0,30	0,34	vor	Unterbindung der Pfortader.
	0,30	0,33	nach	„ „ „
	0,28	0,33		
Versuch 10:	0,32	0,39	vor	„ „ „
	0,28	0,40	nach	„ „ „
	0,30	0,38		

Die diastatische Wirkung der Lymphe und des Blutserums erfährt nach der Unterbindung der Pfortader trotz der Eröffnung der Bauchhöhle und trotz der schweren Circulationsstörung im Abdomen keine merkliche Aenderung.

Das Ergebniss dieser Versuche ist also, dass sich *die diastatische Wirkung der Lymphe* (und des Blutserums bezw. Blutplasmas) *in ganz ähnlicher Weise unter dem Einfluss der Lymphagoga ändert wie der Trockenrückstand in den Versuchen Heidenhain's.*

Durch diese Beobachtung ist die Grundlage für die oben ausgesprochene Hypothese geliefert. Ganz ähnlich wie sich ein Stück Marmor um so schneller löst, je schneller und stärker der Strom Salzsäure ist, der es umspült, wird die Lösung und Saccharification der Glycogenscholle in der Leberzelle um so schneller erfolgen, je reichlicher die Menge der Lymphe ist, welche aus dem Blute zum Lebergewebe hin abgesondert wird und je grösser

der Gehalt an diastatischem Ferment ist, den die Lymphe aus dem Blute erhält.

Diese Beziehung zwischen diastatischem Ferment und Zuckerbildung wird nicht nur für die Leber, sondern auch für andere Gewebe in welchen eine Saccharification von Glycogen erfolgt, in erster Linie also auch für die Muskeln gelten.

Die Zuckerbildung, welche in der Leber unter dem Einfluss von „Circulationsstörungen" auftritt, sowie der Diabetes nach der Piqûre würden sich nach dieser Hypothese erklären durch Aenderungen in der Lymphbildung, welche durch nervöse Reize angeregt, zu einer Erhöhung der diastatischen Wirkung der Lymphe und dadurch zu einer gesteigerten Saccharification von Glycogen in der Leber führen.

Weitere Versuche sollen zur Prüfung dieser Hypothese angestellt werden.

Versuchsprotokolle.

I. Injection von Pepton.

Versuch 1.

Hund von 10 Kilo Gewicht; ein Tag Hunger; Pepton in die Vena jugularis.

Es war die diastatische Kraft von

Lymphe vor der Peptoninjection: 0,30, Blut vor der Injection: 0,55
„ nach „ „ 0,56, „ nach „ „ 0,50.

Versuch 2.

Hund von 8 Kilo Gewicht; ein Tag Hunger.

Lymphe I: 8 h 30′—9 h 5′ d. h. in 35′: 20 ccm; trübe geronnen.

9 h 5′—8′: Injection von 0,6 gr Pepton pro Kilo Thier in die Vena jugularis.

Lymphe I: 9 h 5′—15′ d. h. in 10′: 10 ccm; geronnen.
„ III: 9 h 15′—20′ „ „ 5′: 10 „ langsam gerinnend.
„ IV: 9 h 20′—30′ „ „ 10′: 10 „ „ „
„ V: 9 h 30′—45′ „ „ 15′: 10 „ „ „

Blut I: aus Arteria carotis entnommen um 9 h geronnen.
„ II: „ „ „ „ „ 9 h 7′; ungeronnen.
„ III: „ „ „ „ „ 9 h 30′ „

Es war die diastatische Wirkung von

Lymphe	I:	0,33	Blut	I:	0,39
„	III:	0,45	„	II:	0,36
„	V:	0,38	„	III:	0,37.

Versuch 3.

Hund von 10½ Kilo Gewicht; nach 5 Tagen Hunger ca. 12 Stunden vor Beginn des Versuchs mit viel Kohlehydraten gefüttert.

Lymphe Ia: 8 h 47'–9 h 5' d. h. in 18': 10 ccm; klar, geronnen.
„ Ib: 9 h 5' –30' „ „ 25': 10 „ „ „

9 h 40'–42' Injection von 40 ccm einer 20 % Peptonlösung in die Vena saphena.

Lymphe IIa: 9 h 43'–47' d. h. in 5': 8 ccm etwas trübe, geronnen.
„ IIb: 9 h 47'–52' „ „ 5': 10 „ „ „ ungeron.
„ IIc: 9 h 52'–57' „ „ 5': 10 „ „ „ „
„ IId: 9 h 57'–10 h 2' „ „ 5': 6 „ „ „ „ röthl.
„ IIe: 10 h 2' –12' „ „ 10': 10 „ „ „ „ roth.

Lymphe Ia und Ib wurden zusammengegossen.

Es war die diastatische Wirkung von

Lymphe	I (a u. b):	0,34
„	IIb:	0,47
„	IIc:	0,47.

II. Injection von Kochsalz.

Versuch 4.

Hund von 9,8 Kilo Gewicht; 1 Tag Hunger.

Lymphe Ia: 9 h 48'–10 h 8' d. h. in 20': 10 ccm; trübe, etwas röthlich.
„ Ib: 10 h 8' –41' „ „ 33': 10 „ „ „ „

10 h 45'–52' Injection von 6 gr ClNa, gelöst in 30 ccm Wasser in die Vena facialis.

Lymphe IIa: 10 h 52'–11 h 5' d. h. in 13': 10 ccm; heller u. wenig. roth.
„ IIb: 11 h 5'–10' „ „ 8': 5 „ klar.
„ III: 11 h 16'–43' „ „ 27': 10 „ gegen Ende röthlich.

Blut I entnommen um 10 h 35', also vor der Injection.
„ II „ „ 11 h 10', „ nach „ „
„ III „ „ 11 h 45', „ „ „ „

Lymphe Ia und Ib wurden zusammengegossen.

Es war die diastatische Wirkung von

Lymphe	I (a u. b):	0,43	Blut	I:	0,46
„	IIa:	0,37	„	II:	0,44
„	III:	0,35	„	III:	0,45.

Versuch 5.

Hund von 10 Kilo Gewicht; 1 Tag Hunger.
Lymphe Ia: 9 h 50′—10 h 15′ d. h. in 25′: 10 ccm geronnen.
„ Ib: 10 h 15′—27′ „ „ 12′: 5 „ „

10 h 48′—50′ Injection von 7 gr ClNa, gelöst in 30 ccm Wasser in die Vena jugularis.

Lymphe IIa: 10 h 50′—55′ d. h. in 5′: 4,5 ccm; trübe, geronnen.
„ IIb: 10 h 55′—11 h 6′ „ „ 11′: 10 „ heller, „
„ III: 11 h 6′—36′ „ „ 30′: 10 „ „ „
Blut I entnommen um 10 h 47′, also vor der Injection.
„ II „ „ 11 h 7′, „ nach „ „
„ III „ „ 11 h 10′, „ „ „ „

Es war die diastatische Wirkung von

Lymphe Ia:	0,48	Blut I:	0,57
„ IIb:	0,43	„ II:	0,51
„ III:	0,41	„ III:	0,51.

III. Anstauung des Blutes in der unteren Hohlvene oberhalb des Zwerchfells.

Versuch 6.

Hund; 1 Tag Hunger.
Lymphe I: 10 h 37′—49′ d. h. in 12′: 10 ccm, leicht getrübt, geronnen.

Darauf wird ein mit einem Gummiballon armirter Catheter durch die Vena jugularis eingeführt und die Obturation der Vena cava inferior über dem Zwerchfell durch Aufspritzen des Gummiballons mit Wasser erreicht.

Beginn der Obturation 11 h.
Lymphe IIa: 11 h 5′—13′ d. h. in 8′: 7,5 ccm; klar, ungeronnen.
„ IIb: 11 h 13′—18′ „ „ 5′: 10 „ „ „
Ende der Obturation.
Lymphe IIIa: 11 h 25′—40′ d. h. in 15′: 12 ccm; etwas trübe, ungeronn.
„ IIIa: 11 h 40′—57′ „ „ 17′: 10 „ trübe, ungeronnen.
Blut I wird kurz vor der Venenobturation entnommen.
„ II „ „ nach „ „ „
„ III „ am Ende des Versuches entnommen.

Es war die diastatische Wirkung von

Lymphe I:	0,31	Blut I:	0,39
„ IIb:	0,40	„ II:	0,41
„ IIIb:	0,33	„ III:	0,38.

Versuch 7.

Hund; 1 Tag Hunger.
Lymphe I: 10 h 42′—11 h 14′ d. h. in 32′: 6 ccm; trübe, geronnen.

Obturation der V. c. i. um 11 h 20'.

Lymphe IIa : 11 h 20'—32' d. h. in 12' : einige Cubiccentimeter, die nicht aufgefangen werden.

„ IIb : 11 h 32'—37' d. h. in 5' : 10 ccm; klar, ungeronnen.

„ IIc : 11 h 38'—46' „ „ 8' : 10 „ „ „

„ IId : 11 h 46'—53' „ „ 7' : 8 „ „ „

Ende der Obturation.

Lymphe IIIa : 11 h 53'—12 h 13' d. h. in 20' : 7 ccm; geronnen.

„ IIIb : 12h 15'—35' „ „ 20' : 6 „ „

Es war die diastische Wirkung von

Lymphe I : 0,38 Lymphe IId : 0,50

„ IIc : 0,45 „ IIb : 0,42.

Versuch 8.

Hund; in der Verdauung begriffen.

Lymphe Ia : 8 h 40'—55' d. h. in 15' : 10 ccm; trübe, geronnen.

„ Ib : 8 h 55'—9 h 10' „ „ 15' : 8 „ „ „

9 h 15' Obturation der V. c. i.

Lymphe IIa : 9 h 15'—10' d. h. in 5' : 10 ccm; klarer, geronnen.

„ IIb : 9 h 20'—22' „ „ 2' : 4 „ „ „

Ende der Obturation.

Lymphe III : 9 h 25'—35' d. h. in 10' : 10 ccm; trübe, geronnen.

9 h 40' zweite Obturation der V. c. i.

Lymphe IVa : 9 h 40'—42' d. h. in 2' : 10 ccm; heller geronnen.

„ IVb : 9 h 42'—45' „ „ 3' : 10 „ „ „

„ IVc : 9 h 45'—48' „ „ 3' : 10 „ „ „

„ IVd : 9 h 48'—53' „ „ 5' : 10 „ „ „

Es war die diastatische Wirkung von

Lymphe Ia und Ib, waren zusammengegossen worden:

Lymphe I (a u. b) : 0,37

„ IIa : 0,47

„ IVc : 0,50.

IV. Verschluss der Pfortader.

Versuch 9.

Hund; 1 Tag Hunger.

Lymphe Ia in 10' : 10 ccm (während dessen Aufsuchung der Vena portarum und Anbringung eines Ligaturstäbchens).

„ Ib „ 25' : 10 „

9 h 20' Ligatur der V. portarum.

Lymphe II : 9 h 20'—45' d. h. in 25' : 30 ccm; schnell gerinnend, blutig.

9 h 45' Lösung der Ligatur.

Lymphe III : 9 h 45'; bald gerinnend, blutig.

Blut I: entnommen vor der Ligatur.
„ II: „ während der Ligatur.
„ III: „ nach der Ligatur.

Die Lymphportionen werden ebenfalls centrifugirt. Es ist der Blutfarbstoff, wie dann ersichtlich, zum Theil im Lymphserum gelöst.

Es war die diastatische Kraft von

Lymphe Ib:	0,30	Blut I:	0,34
„ II:	0,30	„ II:	0,43
„ III:	0,28	„ III:	0,33.

Versuch 10.

Hund; 1 Tag Hunger.

Lymphe: 10 h 27′—11 h 7′ d. h. in 40′: 10 ccm; geronnen.

11 h 15′ Ligatur der V. portarum.

Lymphe IIa:	11 h 15′—30′	d. h. in 15′: 10 ccm;	geronnen.		
„ IIb:	11 h 30′—38′	„ „ 8′: 11	„	„	röthlich.
„ IIc:	11 h 38′—45′	„ „ 9′: 12	„	„	roth.
„ IId:	11 h 45′—55′	„ „ 10′: 12	„	„	„
„ IIe:	11 h 55′—12 h 6′	„ „ 11′: 10	„	„	„
„ IIf:	12 h 6′—20′	„ „ 14′: 10	„	„	„
„ IIg:	12 h 20′—40′	„ „ 20′: 10	„	„	„

Blut I: entnommen um 11 h, also vor der Ligatur.
„ II: „ „ 12 h, also während der Ligatur.
„ III: „ „ 12 h 45′, also während der Ligatur.

Es war die diastatische Wirkung von

Lymphe I:	0,32	Blut I:	0,39
„ IIc:	0,28	„ II:	0,40
„ IIg:	1,30	„ III:	0,38.

Fig. 1.

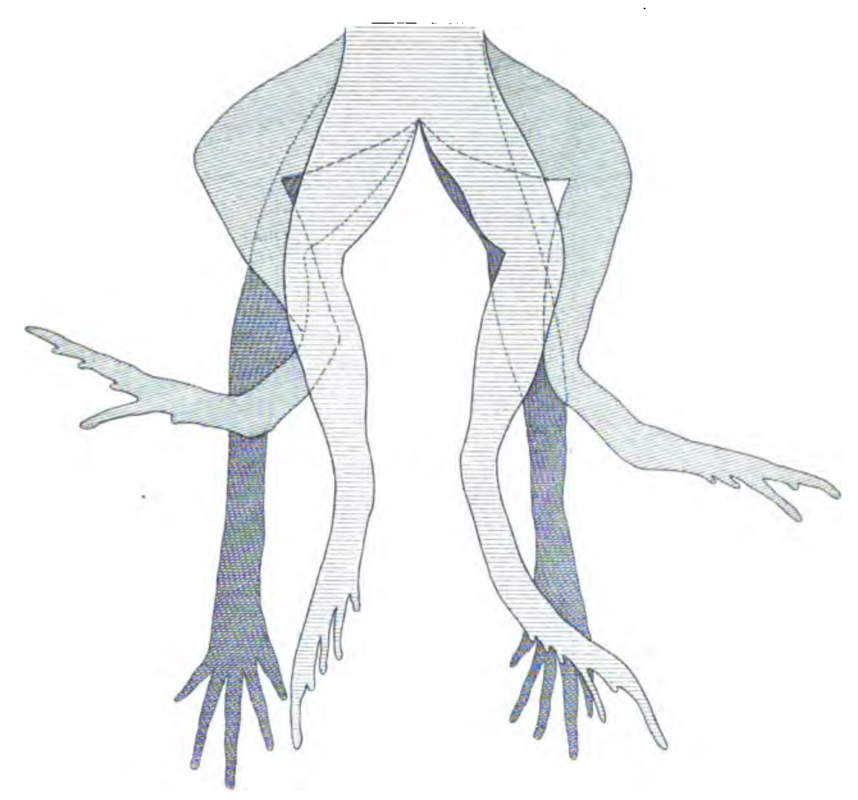
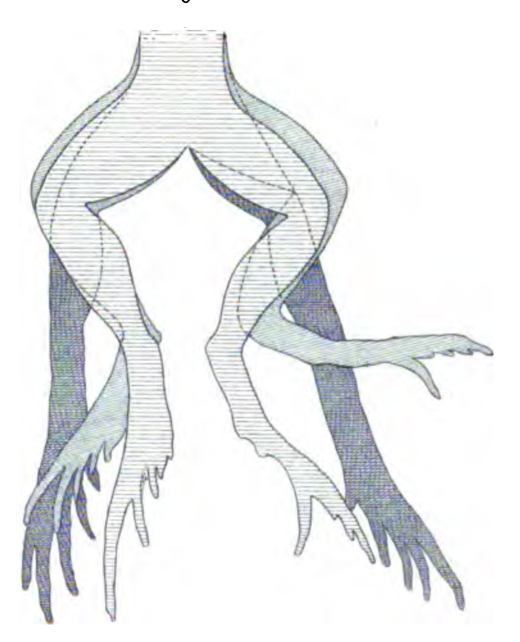
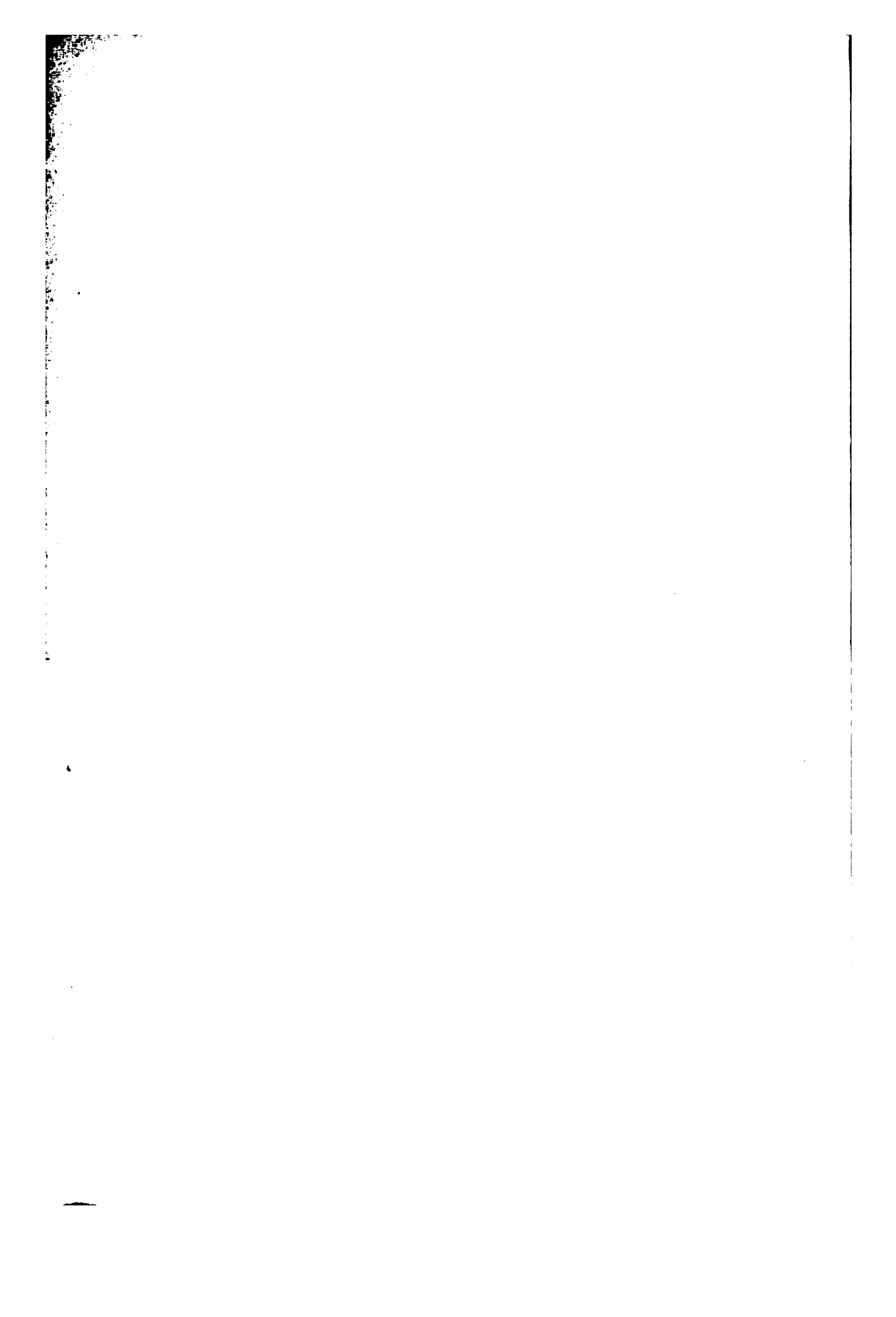


Fig. 2.



Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt

Verlag v. Emil Strauss, Bonn



(Aus dem physiologischen Institut in Rostock.)

Zur Kenntniss der Muskelstarre.

Nach Versuchen von Stud. med. E. Gerlach,

mitgetheilt von

O. Langendorff.

Hierzu Tafel X.

Die Todtenstarre des Muskels weist so viele Aehnlichkeit mit der Contraktion auf, dass man sich mehr und mehr daran gewöhnt, die Erstarrung als eine überaus langsam ablaufende Zusammenziehung, gewissermassen als eine letzte Thätigkeitsäusserung des absterbenden Gewebes zu betrachten. Ueber die Natur der diese Zusammenziehung verursachenden Reize — denn solche werden wir, wenn wir nicht Vitalisten sein wollen, voraussetzen müssen — lassen sich nur Vermuthungen äussern. Nicht unwahrscheinlich dürfte die Annahme sein, dass die beim Aufhören der Cirkulation sich anhäufenden Stoffwechselprodukte des Muskels selbst es seien, die nach Art chemischer Erreger auf die Faser wirken. Zu den zahlreichen Analogieen im Verhalten des nach dieser Anschauungsweise in Folge innerer (autochthoner) Reize erstarrenden und des auf Grund äusserer Reize sich kontrahirenden Muskels eine neue hinzuzufügen, ist der Zweck der nachfolgenden Mittheilung.

Das bekannte zuerst von Ritter aufgefundene Verhalten der Beuger und Stecker des Froschbeines gegenüber äusseren Reizen diente unseren Beobachtungen als Ausgangspunkt. Handelt es sich bei der Starre wirklich um eine Muskelreizung, und besteht der Reiz in einem Produkt des Muskels, dessen Menge und Wirksamkeit mit zunehmender Zeit anwächst, so ist es nicht unwahrscheinlich, dass die leichter erregbaren Beugemuskeln früher erregt, also früher starr werden, als die schwerer in Thätigkeit zu versetzenden Strecker. Hatte doch schon Bierfreund[1]) bei den

1) M. Bierfreund, Untersuchungen über die Todtenstarre. Dieses Archiv Bd. 43, S. 195.

gegen Reize sich verschieden verhaltenden rothen und blassen Muskeln des Kaninchens analoge Verschiedenheiten im Eintritt und im Ablauf ihrer Erstarrung gefunden, und hat doch auch Bonhoeffer[1]) vór Kurzem nachgewiesen, dass beim langsam zuckenden Krötenmuskel die Starre einen anderen Verlauf hat, wie beim flinken Gastrocnemius des Frosches.

Beobachtungen an in feuchter Kammer aufgehängten Froschschenkeln, die ich gelegentlich machen konnte, schienen zu Gunsten dieser Ansicht zu sprechen; doch war unter diesen Bedingungen die sichere Konstatirung des Verhaltens durch die Langwierigkeit des Verlaufes und auch durch andere Ursachen (z. B. das Schwanken der Umgebungstemperatur) erschwert: neben bestätigenden hatte ich auch zahlreiche widersprechende Beobachtungen zu verzeichnen.

Ich habe deshalb Herrn Stud. Gerlach veranlasst, sich systematisch und mit Zuhülfenahme eines eine deutliche Antwort versprechenden Versuchsverfahrens mit der Sache zu beschäftigen.

Die Beobachtungen haben sich folgendermaassen gestaltet: der Frosch (meistens R. esculenta) wird mit einer grossen Dosis Curare vergiftet; dann wird sein Centralnervensystem zerstört, der Hinterkörper abgeschnitten und vorsichtig enthäutet. Um die Starre schnell, doch nicht allzuschnell, herbeizuführen, werden die Schenkel einer Temperatur von etwa 40° C. ausgesetzt. Die Wärme wirkt auf die Muskeln vermittelst einer nahezu gleichmässig temperirt erhaltenen Kochsalzlösung von 0,6 % Gehalt, in die das Präparat hineingehängt wird. Diese Anordnung bietet zugleich — ähnlich wie in den unter Grützner's Leitung angestellten Versuchen von Osswald[2]) — den Vortheil, dass die der Wirksamkeit der Beugemuskeln entgegenwirkende Schwere wenigstens theilweise ausgeschaltet ist. Lässt man ihr freies Spiel, so sieht man nicht selten den aufgehängten Froschschenkel in derjenigen Stellung erstarren, die ihm die Schwere angewiesen hat, und die feinere Nuancirung des Vorgangs geht für den Beobachter verloren.

Das Präparat hängt in einem mit der Salzlösung gefüllten, mit parallelen Glaswänden versehenen und genügend geräumigen

---

1) K. Bonhoeffer, Ueber einige physiolog. Eigenschaften dünn- und dickfaseriger Muskeln bei Amphibien. Dieses Archiv, Bd. 47, S. 125.

2) H. Osswald, Ueber das Ritter-Rollett'sche Phaenomen. Ebenda Bd. 50, S. 217.

Troge. Um die einzelnen Phasen der successive erreichten Stellungen mit gehöriger Sicherheit festhalten zu können, stellten wir vor dem Glastrog eine mit matter Glastafel als Bildplatte versehene Camera obscura auf. Sie bleibt annähernd scharf auf das Präparat eingestellt, auch wenn die Lage desselben in der Frontalebene sich im Laufe der Beobachtung ein wenig ändert.

Sofort nach dem Einhängen des Schenkelpaares wird auf die Platte das auf etwa $^2/_3$ der Originalgrösse verkleinerte Bild desselben gezeichnet, und über dieser Zeichnung werden dann bei unverrückter Platte in gewissen Zeitabständen die weiteren Zeichnungen entworfen. Benutzte man dazu verschiedenfarbige Stifte, so waren später die den einzelnen Zeitpunkten entsprechenden Stellungen der Schenkel leicht von einander zu unterscheiden. In anderen Fällen wurde die Zeichenplatte nach jeder Aufnahme gewechselt. Immer aber blieb die Camera dem Präparat gegenüber in derselben Entfernung und Stellung. Auch dieses Verfahren lieferte instruktive Bilder.

Bei der gewählten Anordnung tritt die Starre ziemlich schnell ein; ihr Verlauf bis zum Maximum, über das hinaus eine wesentliche Aenderung innerhalb längerer Zeiträume nicht mehr stattfindet, ist aber doch ein genügend allmählicher, um alle Stadien bequem beobachten und die markantesten durch die Zeichnung festhalten zu können.

Frischgefangene grosse Frösche erwiesen sich am tauglichsten; doch sahen wir die zu beobachtende Erscheinung auch an überwinterten Exemplaren oft deutlich eintreten.

Der Schwere entzogen nimmt der Froschschenkel meistens eine Mittelstellung ein zwischen extremer Streckung und Beugung. Der Eintritt der Todtenstarre kennzeichnet sich nun dadurch, dass zunächst die Flexionsstellung in den meisten Gelenken zunimmt.

Der Verlauf der Erscheinungen ist in der Regel folgender: Nach dem Einhängen in die warme Salzlösung verharren die Schenkel bis drei Minuten lang in ihrer anfänglichen Stellung. Dann tritt Adduction des Oberschenkels zum Körper ein. Während sie noch im Wachsen ist, entsteht eine Beugung im Kniegelenk, und dieser schliesst sich eine solche im Fussgelenk an. Nur die Zehen pflegen sich zu strecken (oder wenigstens sich nicht zu beugen) und derartig zu abduciren, dass die Schwimmhäute ent-

faltet werden. Unter Zunahme der Beugungen erreicht der Schenkel eine erste Maximalstellung, ein Beugungsmaximum; im Durchschnitt war dies in etwa einer halben Stunde nach Beginn der Beobachtung der Fall. Nach kurzem Verharren auf diesem Stadium tritt die Streckung ein; sie scheint im Fussgelenk am frühesten, im Hüftgelenk am spätesten sich geltend zu machen. Nach $^1/_4$ Stunde kann die Streckung schon vollendet sein, sie bleibt dann lange auf der einmal erreichten Höhe.

Eine genauere Analyse des Erstarrungsverlaufes — vielleicht mit Zuhülfenahme der Photographie — dürfte vielleicht zu einigen Aenderungen der hier gegebenen Schilderung führen. Wir verlangten indessen von unserer Methode nur, dass sie über die Hauptphasen der zu untersuchenden Bewegung Auskunft gebe; die zwischen diesen liegenden Stadien eingehender zu verfolgen, war nicht unsere Absicht.

Von den Hauptstellungen geben die beiden Figuren, die ich hier mittheile (s. Fig. 1 und 2 Taf. X) ein ausdrucksvolles Bild. Beide Abbildungen geben je drei Stadien wieder; die erste Aufnahme (breitere Schraffur) geschah sofort nach dem Einhängen des Präparates in das Salzwasserbad, die zweite (eng schraffirt) im Maximum der Beugestarre, die dritte (Doppelschraffur) nach dem Eintritt vollkommener Streckung.

Bei dem in Fig. 1 wiedergegebenen Versuch schwankte die Temperatur des Bades zwischen 40.05 und 40.25 ° C.; bei dem zu Fig. 2 gehörigen Versuche war sie bis zum Stadium II 40—40.2 ° C.; als das dritte Stadium erreicht wurde, war sie bis auf 38.1 ° C. heruntergegangen.

Die den einzelnen Stadien entsprechenden Zeiten waren folgende:

	Fig. 1.	Fig. 2.
I.	6h 1′	10h 55′
II.	6h 51′	11h 20′
III.	7h 17′	1h.

Bemerkt sei noch, dass die Stellungsänderungen der beiden Hinterextremitäten einander im allgemeinen parallel zu gehen pflegen. Dass aber auch Abweichungen in der Stärke der Beugung oder der Streckung in einzelnen Gelenken und in Folge davon unsymmetrische Stellungen vorkommen, lehrt Fig. 2.

Nach dem Mitgetheilten unterliegt es keinem Zweifel, dass die Muskelstarre zuerst die Beuger, erst dann die Strecker ergreift, dass also bei der Erstarrung ein ganz ähnliches differentes Verhalten vorliegt, wie bei der Einwirkung äusserer Reize auf die Schenkelnerven.

Bezüglich des Ritter-Rollett'schen Phänomens ist kürzlich von Osswald[1]) gezeigt worden, dass die Erscheinung nicht allein auf die Bewegungsnerven zu beziehen ist, sondern dass sie zugleich auch auf einer physiologischen Verschiedenheit des Beuge- und Streckmuskeln beruht, da auch bei direkter Reizung der entnervten Schenkelmuskeln die grössere Erregbarkeit der Flexoren deutlich hervortritt. Zu dieser Mitbetheiligung der Muskeln liefert nun unsere Beobachtung eine willkommene Illustration: der leichter vom Nerven aus und auch direkt erregbare Muskelkomplex fällt früher der Starre anheim, als der antagonistische, der seinerseits in den späteren Stadien dank seiner grösseren Masse das Erscheinungsbild beherrscht. Auch auf die Muskelstarre ist, wie Hermann und seine Schüler gefunden haben, das Nervensystem nicht ohne Einfluss; da in unseren Versuchen aber jeder derartige Einfluss schon durch die tiefe Curarisirung ausgeschlossen war, so muss die Erscheinung auf eine specifische Verschiedenheit der Muskeln selbst zurückgeführt werden, auf dieselbe Verschiedenheit offenbar, die die Beugemuskeln auch leichter durch äussere Reize erregbar macht, als die Strecker, und der, wie ich mit Grützner annehme, vermuthlich auch ein abweichender histologischer Bau entspricht.

Zum Schluss wäre noch zu erwähnen, dass die Angabe, die Beuger erstarrten früher als die Strecker, auch in den Aeusserungen anderer Forscher eine Stütze findet.

Dass im absterbenden Froschpräparat die Erregbarkeit der Beuger früher erlischt, als die der Strecker, hat schon Ritter[2]) behauptet, und Du Bois-Reymond[3]) giebt bei der Kritik über des Letzteren Untersuchungen zu, „dass allerdings die ersteren

---

1) a. a. O.

2) E. Du Bois-Reymond, Untersuchungen über thierische Elektricität. I. Bd. S. 317.

3) Ebendaselbst S. 326.

früher zu antworten aufhören, als die anderen und durch die Todtenstarre zuerst der Fäulniss überliefert werden". Den Grund dafür scheint Du Bois in dem Umstande zu finden, dass die Beuger den Beobachtungen von Engelhardt und Harless zufolge mit höheren Punkten des Rückenmarkes in Verkehr zu stehen scheinen, als die Streckmuskeln; er sieht in der Erscheinung also gewissermassen nur einen speciellen Fall des Nysten'schen Gesetzes. Diese Erklärung, die Du Bois-Reymond übrigens nur mit aller Reserve giebt, kann nicht ausreichen, da die Erscheinung auch am curarisirten und am rückenmarkslosen Präparate auftritt. Uebrigens halte ich auch, wie ich demnächst näher auszuführen gedenke, die oben berührte Deutung des bekannten Engelhardt-schen Versuches für nicht zutreffend.

In naher Beziehung zu unseren Versuchen steht auch die unter der Leitung von Luchsinger gemachte Beobachtung von Frl. Willy Neumann[1]), derzufolge bei der Coffeinvergiftung die Beugemuskeln früher in die typische Starre verfallen, als die Strecker. Ob andere die Muskeln starrmachende Gifte sich ebenso verhalten, bedarf weiterer Untersuchung; beim Chloroform ist mir bis jetzt der Nachweis nicht gelungen. Vermuthlich hängt in allen solchen Fällen der Erfolg von der Höhe der Giftdosis und der Geschwindigkeit ihrer Einwirkung ab.

---

1) W. Neumann, Ueber toxicologische Verschiedenheiten functionell verschiedener Muskelgruppen. Inaug.-Diss. Bern 1883, S. 39.

(Aus dem physiologischen Institute der deutschen Universität in Prag.)

Ueber negative Schwankung des Nervenstromes bei nicht electrischer Reizung des Nervenstammes oder der Wurzeln.

Von

Docent Dr. **E. Steinach.**

Einleitung und Vorversuche.

Um darzuthun, dass die negative Schwankung des Nervenstromes in Wirklichkeit eine Function des durch den Reiz geschaffenen Thätigkeitsvorganges im Nerven sei, erschien es von grösster Bedeutung, dieselbe auch bei nicht electrischer Reizung nachzuweisen, und es liess sich daher auch du Bois-Reymond durch das Misslingen der ersten diesbezüglichen Versuche nicht abschrecken, dieselben nochmals aufzunehmen, in der Ueberzeugung, dass sie an der Unempfindlichkeit des stromprüfenden Instrumentes gescheitert waren. In der That erhielt er nach Construction eines neuen Multiplicators von 24160 Windungen befriedigendere Resultate — allerdings nur beim Tetanisiren und zwar durch fortschreitende Zerstörung der ganzen verfügbaren Nervenstrecke auf mechanischem oder kaustischem Wege[1]).

Das Verfahren für das mechanische Tetanisiren des ausgeschnittenen Ischiadicus des Frosches wird folgendermaassen beschrieben: „Zur mechanischen Reizung bedienten wir uns daselbst eines Scalpellstiels, mit welchem wir den Nerven nach den Bäuschen zu fortschreitend zu zerhacken suchten. Dieses rohe Verfahren giebt nur sehr unvollkommene Ergebnisse. Ich habe seitdem an die Stelle des Scalpellstiels mit gutem Erfolge ein ge-

---

1) Untersuchungen über thierische Electricität 1849. II. Band, 1. Abth. p. 507—28.

zahntes Rad gesetzt, welches ich um eine in ein Heft befestigte Achse längs des Nerven hinrolle und ihn somit seiner ganzen nutzbaren Ausdehnung nach in Abständen zerquetsche, die sich in Zeit und Raum ganz gleichmässig folgen." Der Nerv wurde im Bereiche der Reizstrecke mittels Nadeln an eine Korkplatte festgesteckt; das darüber rollende Rad liess ihn in Form einer blassen Bernsteinperlschnur zurück. In analoger Weise wurde bei den thermischen Reizungen vorgegangen; die Einrichtung war hierbei so getroffen, dass der Nerv mehr oder weniger rasch nach den Bäuschen zu, welche den Strom zum Multiplicator leiteten, abbrannte. Wie ersichtlich, bestand das wesentliche Moment der Methodik in beiden Versuchsreihen darin, möglichst viele Stellen des Nerven in ziemlich gleichmässiger Aufeinanderfolge mit den heftigsten Reizen zu erregen, um durch Summation der Wirkungen einen negativen Ausschlag der Nadel zu erzielen. Trotz solcher Anstrengungen war die Erscheinung, wenn sie überhaupt auftrat, eine äusserst zarte und jedenfalls unvergleichlich geringer als bei electrischer Reizung. „Selbst als ich mich," sagt du Bois-Reymond in der Vorbemerkung, „für jede der hier zu schildernden Versuchsweisen durch wochenlanges unablässiges Wiederholen in der Blüthe der Uebung befand, durfte ich nicht wagen, für den glücklichen Ausgang, für den bejahenden Erfolg eines einzigen Versuches einzustehen."

Nachdem bei den Versuchen die möglichen Fehlerquellen mit grosser Gewissenhaftigkeit ausgeschaltet waren, stand der Beweiskraft der Ergebnisse nur mehr das gewichtige Bedenken entgegen, dass der beobachtete Rückschwung der Nadel von der bei obigem Verfahren unumgänglichen und bedeutenden Verkürzung der wirksamen Nervenstrecke herrühre und dass derselbe demgemäss eine negative Schwankung blos vorgetäuscht habe. Du Bois-Reymond hat zur Entkräftung dieses Einwandes eigene Controllversuche unternommen, welche zwar zeigten, dass die wesentliche Verkleinerung des Nerven allein zur Erklärung der Erscheinung nicht ausreiche, aber den directen Nachweis einer reinen negativen Schwankung hat er nicht erbringen können, da es nicht gelang, bei einfachem mechanischen Eingriff, wie bei Durchschneidung des langen Nerven eine negative Schwankung zu beobachten. Du Bois-Reymond giebt zwar an, er glaube, wenn „ihn nicht alles täuscht," gelegentlich bei Unterbindungen des Nerven Spuren

einer Schwankung gesehen zu haben, aber diese zufälligen Ergebnisse waren viel zu wenig sicher, um zu Schlüssen zu berechtigen, zumal aus den anderen Versuchen (p. 526) hervorging, dass Durchschneidung nicht wirkte in Fällen, wo die mehr zerstörende Reizungsart wirksam war.

Später hat Grützner[1]) mit Hilfe der indess verfeinerten Technik Untersuchungen über negative Schwankung bei nicht electrischer Reizung angestellt. Seine Bemühungen waren in Bezug auf die mechanische Erregung ohne jeden Erfolg. Das Durchschneiden des Nervus ischiadicus am freien Ende übte keine Wirkung auf die Stärke des Ruhestromes aus. Erst wenn der Schnitt der Längsschnittselectrode auf 10 mm nahe kam, war eine geringe, und zwar dauernde Schwächung des Stromes zu bemerken. Diese wurde um so bedeutender, je näher der Schnitt fiel. Durch solche Befunde wurden die Bedenken Grützner's (p. 260—61) gegen du Bois' Ergebnisse sehr bekräftigt.

Eine einzige Beobachtung liegt vor über negative Schwankung bei mechanischer Erregung; sie ist von Hering[2]) gemacht, bezieht sich aber auf einen marklosen Nerven, den Nervus olfactorius des Hechtes. Durchschneidung dieses Nerven, welcher, wie Kühne fand, eine sehr grosse electromotorische Kraft besitzt, weil er im Wesentlichen „nur aus Axencylindern, also aus eigentlich erregbarer Substanz besteht“, führt eine negative Schwankung herbei, an die sich, „sofern der Nerv noch gut erhalten ist,“ eine deutliche positive Nachschwankung anschliesst.

Da Grützner mit der Wiedemann'schen Boussole arbeitete, so war es nicht mehr wahrscheinlich, dass das Ausbleiben der negativen Schwankung auf zu geringer Empfindlichkeit des Stromprüfers beruhe. Wenn überhaupt der einmalige, mechanische Eingriff der Durchschneidung Negativschwankung am markhaltigen Nerven hervorrufen kann, so liess sich dies nach obigen Erfahrungen höchstens bei den günstigsten Erregbarkeitsverhältnissen erwarten. Ich habe unter Leitung meines verehrten Lehrers Prof. Hering viele, sehr zarte nervenphysiologische Versuche, welche unter gewöhnlichen

1) P. Grützner, Beiträge zur allgemeinen Nervenphysiologie 1881, Dieses Archiv, 25. Band.

2) E. Hering, Zur Theorie der Vorgänge in der lebendigen Substanz. Lotos Bd. IX. Prag 1888.

Umständen nicht gelingen, bei richtiger Verwerthung der erregbarkeitsteigernden Wirkung der Kälte mit gutem Erfolge ausführen gelernt und hoffte daher, durch diesen methodischen Behelf auch in der vorliegenden Frage einen Fortschritt zu erzielen.

Dass das Zustandekommen der negativen Schwankung im Nerven des kalt gehaltenen Thieres besonders günstige Bedingungen vorfindet, ergaben mir einige Vorversuche, welche ich vergleichsweise an Kalt- und Warmfröschen derselben Species und Grösse angestellt habe. Ich reizte mit Inductionsströmen gleichzeitig beide Ischiadici, von welchen der eine mit dem Unterschenkel zusammenhing, während vom anderen zum Galvanometer abgeleitet wurde und achtete nun darauf, bei welchem Rollenabstande die immer früher auftretende Muskelzuckung, und bei welchem die erste deutliche Negativschwankung erschien. Es zeigte sich, dass der Unterschied der für diese zwei Wirkungen erforderlichen Reizstärken bei Kaltfröschen auffallend geringer war als bei Warmfröschen; bei jenen war er oft nahezu verschwindend, bei diesen aber immer gross. Als Beispiel führe ich einen der beobachteten Grenzfälle an, wo beim Warmfrosch die zwei Rollenabstände 43 und 27 cm, beim Kaltfrosch aber 39 und 38 cm betrugen.

Reizung auf mechanischem Wege.

(Durchschneidung der Nerven und der Wurzeln).

Die Versuche wurden in den Wintermonaten 1892 vorgenommen, im Wintersemester 1892/93 wiederholt und vielfach ergänzt. Als Versuchsthiere benützte ich ausschliesslich einheimische, mittelgrosse Exemplare von Rana esculenta. Die Thiere wurden in grossen, cementirten, in den Kellern befindlichen Bassins untergebracht, und zwar immer ein ganzer frischer Fang in je einem Bassin. Es hat sich gleich zu Beginn der Untersuchungen als sehr unvortheilhaft erwiesen, Thiere, welche zu verschiedenen Zeiten und an verschiedenen Orten gefangen wurden, in den Behältern zu vermischen. Man kann sich trotz strengen Auftrags nie ganz sicher darauf verlassen, dass die Liefernden die Thiere unmittelbar nach dem Fange bringen, oder wenigstens, wenn dies nicht angeht, bis zur Ablieferung in kühlen Räumen aufbewahren. Geschieht dies nicht, verweilen die Thiere vielmehr

durch längere Zeit in warmen Localen, so ist alle Mühe vergeblich, sie wieder zu brauchbarem Materiale zu machen, d. h. zu Kaltfröschen mit der specifischen hohen nervösen Erregbarkeit. Mischt man nun solche Thiere unter die anderen, so wird es vorkommen, dass man bei hintereinander angestellten Versuchen wechselnd erfolgreich und erfolglos arbeitet. Gleiches ereignet sich, wenn man Thiere miteinlagert, welche Spuren mangelhafter Ernährung oder Frische an sich tragen. Allen diesen Uebelständen geht man aus dem Wege, wenn man die Lieferungen getrennt hält. Man sammelt sich auf diese Weise ein gleichmässiges Versuchsmaterial; das ungeeignete wird bald herausgefunden und anderen Zwecken zugewendet.

Die hauptsächlichste Vorbereitung besteht in der Einkühlung der Frösche. Obwohl die grossen Froschbehälter von fliessendem Wasser bespült werden, herrscht in denselben auch im Winter nicht die genügende niedrige Temperatur, vielleicht die kältesten Tage ausgenommen. Ich habe daher von Zeit zu Zeit eine grössere Anzahl von Fröschen zu 4—7 Stück in Blechgefässen in den Eiskasten gesetzt; sehr oft habe ich sie auch in grosse Gläser vertheilt und diese direkt in Eis eingepackt. Im Laufe einiger Tage gerathen die durch den Lichtabschluss und die Kälte sehr dunkel gewordenen Thiere in einen völlig regungslosen Zustand; sie sitzen eingekauert am Boden und reagiren auch kaum beim Ergreifen. In die Wärme gebracht, wird ein solcher Frosch in kürzester Zeit sehr lebhaft. Durchtrennt man ihm die Wirbelsäule, oder durchschneidet man beide Plexus ischiadici, so verfällt die ganze Becken- und Extremitätenmuskulatur sofort in einen ausserordentlich heftigen, vollständigen und langandauernden Tetanus — dies ist, wie ich vorgreifend bemerken will, das untrügliche Zeichen für die Tauglichkeit der Thiere zu den nunmehr zu schildernden Experimenten. Die schon Pflüger[1]) bekannte grosse Neigung der Kaltfrösche zu tetanischer Erregung wurde näher untersucht und beschrieben von Hering[2]).

---

1) E. F. W. Pflüger, Untersuchungen über die Physiologie des Electrotonus.

2) E. Hering, Beiträge zur allgemeinen Nerven- und Muskelphysiologie. IX. Mittheilung. LXXXV. Bd. d. Sitzb. d. k. Akademie der Wissenschaften in Wien. Jahrg. 1882.

Bei der Herstellung der Präparate bin ich folgendermaassen vorgegangen: Die Frösche wurden decapitirt, eventrirt und enthäutet. Da diese Rumpfthiere infolge der grossen Reizbarkeit sehr energische Abwehrbewegungen machten, mussten sie in den Anfangsstadien der Präparation von einem Gehülfen festgehalten werden. Ich unterband und durchtrennte beiderseits in der Kniekehle die zwei Aeste des Ischiadicus, legte ihn bis zum Eintritt ins Becken frei, schnitt das Steissbein heraus, präparirte dann die Nerven weiter und legte sie für einige Momente auf die Rückenfascie. Nun entfernte ich die Beckenknochen mit den Schenkeln, löste die angrenzende Muskulatur zu beiden Seiten der Wirbelsäule ab, reinigte die Nerven und befreite schliesslich noch die Austrittsstelle der Plexus völlig von zurückgebliebenen Knochen- und Muskelresten. Auf diese Weise erhielt ich ein Rumpfstück, welches aus dem grössten Theile der Wirbelsäule und des Rückenmarkes bestand und mit beiden Ischiadici, welche aneinanderhaftend einen Doppelnerven bildeten, in Zusammenhang blieb.

Beabsichtigte ich nur von einem Nerven zum Galvanometer abzuleiten und den zweiten für ein controllirendes Nervmuskelpräparat zu verwerthen, so durchtrennte ich auf der einen Seite unter dem Nerven den Oberschenkel und präparirte nun — den Ischiadicus statt am Unterbindungsfaden an seinem Unterschenkel haltend — bis zur Wirbelsäule weiter wie oben beschrieben.

Die Mehrzahl der Versuche nahm ich mit den Doppelnerven vor, welche vom peripheren Ende bis zur Wirbelsäule gemessen eine Länge von 65—70 mm hatten. Ich befestigte in der den Electroden entsprechenden Höhe eine schmale, starke Glasplatte in ein Stativ, legte das Rumpfstück auf die Glasplatte und führte den Doppelnerven, die Unterbindungsfäden in der Hand, über drei oder höchstens vier Stäbchen aus weissem gebranntem Thon zu den Pinselelectroden, sodass die unterbundenen peripheren Enden über die sogenannte Querschnittselectrode zu liegen kamen. Die Thonstäbchen waren in physiologischer Kochsalzlösung aufbewahrt, von dieser Flüssigkeit also durchsetzt; sie waren etwa 7 mm breit. Das erste Stäbchen befand sich $^1/_2$—$^3/_4$ cm von der Abgangsstelle des Nerven entfernt, die übrigen folgten in Zwischenräumen von etwa 5 mm. Der Nerv (um nicht immer zu sagen Doppelnerv) wurde ganz locker über die Stäbchen zu den Electroden geleitet,

sodass er eine leicht gewellte Linie bildete. Diese Maassregeln dienten unter anderem dazu, jede Spur einer Verschiebung der abgeleiteten Strecke während der Nervendurchschneidung zu verhüten. Nun wurde in der Nähe der Ligaturen mit scharfer Schere ein möglichst glatter Querschnitt gemacht, und dieser an den etwas breiteren Pinsel der Querschnittselectrode sorgfältig angelegt. Die abgeleitete Strecke betrug 5—7 mm.

Nach diesen Anordnungen habe ich jedes Stäbchen und dadurch den Nerven nochmals mit physiologischer Kochsalzlösung befeuchtet und schliesslich das Glasplattenstativ zur Sicherheit mit einem Bleigewicht beschwert. Hierauf schritt ich zur Galvanometerbeobachtung, nachdem der Electrodenstrom schon früher gemessen worden war.

Das Galvanometer (nach Hermann's Angabe von Meyer angefertigt) war nahezu aperiodisch eingestellt. Der Ruhelage des Magneten entsprach der Scalentheil 500 (Nullpunkt); eine etwa eingetretene Aenderung der Ruhelage wurde mittels Hauy'schem Stabe corrigirt.

Nach Schliessung des Galvanometerkreises wartete ich ab, bis der Spiegel eine bleibende Stellung eingenommen hatte. Nun compensirte ich den Nervenstrom vollständig, controllirte nochmals durch Oeffnen und Schliessen des Kreises den Nullpunkt und gab dann das Signal zur Durchschneidung.

Ich will schon hier erwähnen, dass ich nach Durchschneidung des Nerven (bei seinem Austritte aus der Wirbelsäule) immer eine negative Schwankung wahrgenommen habe, welche in vielen Fällen in Anbetracht der einmaligen mechanischen Reizung recht bedeutend ausfiel. Unter normalen Bedingungen kehrte der Magnet entweder ganz oder nahezu auf seine ursprüngliche Stellung zurück.

Nach Schluss der Beobachtung wurde der Galvanometerkreis geöffnet und die — eventuell veränderte — Lage des Nullpunkts zu den übrigen Ablesungen notirt. Das Arbeiten am compensirten Ruhestrom war bei meinen Versuchen besonders geboten, um sich durch die auf diese Art mögliche Abkürzung der Beobachtungszeit von zufälligen, spontanen Verschiebungen des Nullpunktes unabhängig zu machen. Da ich nämlich im Gegensatz zur Beobachtung am nicht compensirten Strome die Ruhelage des Magneten bis zum Momente der Durchschneidung zwischendurch immer wieder controlliren und nöthigenfalls richtigstellen konnte, so erhielt ich

nur dann einen kleinen positiven oder negativen Zuwachs von einem oder wenigen Scalentheilen zur eigentlichen Schwankung, wenn ausnahmsweise eine solche geringe spontane Verlagerung des Nullpunkts gerade in den Verlauf des Durchschneidungsversuches fiel. Trat letzteres ein, so wurde die betreffende Zahl von Scalentheilen zum abgelesenen Werthe der Negativschwankung hinzugerechnet, beziehungsweise davon abgezogen.

Die erste Durchschneidung erfolgte zwischen der Wirbelsäule und dem ersten Thonstäbchen; sie wurde immer von einem Geübten mit einer feinen, äussert scharfen und benetzten Schere vorgenommen; dabei unterstützte die linke Hand die rechte, damit diese nicht seitlich auswich und an der Versuchsanordnung rührte.

Wenn ich den Nerven nicht zu anderen Zwecken, zu chemischen oder thermischen Reizversuchen verwenden wollte, liess ich eine zweite Durchschneidung zwischen dem ersten und zweiten Thonstäbchen, und wenn der Nerv lang genug war, eine dritte zwischen zweitem und drittem Stäbchen ausführen. Die Nerven hatten, wie schon oben erwähnt, eine Länge von circa 65—70 mm. Da die erste Durchschneidung an der Wirbelsäule überhaupt noch keine Verkürzung bedeutete, so kam ich beim zweiten und selbst beim dritten Schnitt noch lange nicht in die Nähe jener Zone, wo Verkürzung dauernde Stromschwächung bedingt.

Ich habe übrigens selten mehr als zwei Beobachtungen an einem Nerven angestellt, weil die Versuche zeigten, dass die auf die erste folgenden Durchschneidungen meist viel weniger wirksam waren; die Erregbarkeit für weitere gleichartige mechanische Reize schien herabgesetzt. Hauptsächlich aus dem Grunde habe ich die Nerven von der Kniekehle aus nach aufwärts präparirt und mit der Wirbelsäule in Verbindung gelassen. Der Vortheil lag darin, dass noch kein Schnitt durchgeführt war und somit die Erregbarkeit auf dem Höhepunkte erhalten wurde. Ich konnte mich durch Controllversuche überzeugen, dass der Muskel die Angaben des Galvanometers bestätigt. Wurde bloss von einem Nerven der Strom abgeleitet, während der andere mit dem Unterschenkel zusammenhing, so ergab die gleichzeitige Abtrennung der beiden Nerven von der Wirbelsäule auf der einen Seite starken, langdauernden, langsam abklingenden Tetanus, auf der anderen Seite eine entsprechende negative Schwankung. Bei den späteren Durchschneidungen waren beide Erscheinungen abgeschwächt; der Tetanus

minder heftig und kurz, die negative Schwankung im Verhältniss geringer. Hieraus geht hervor, dass die grosse Neigung der Kaltfrösche zu tetanischer Erregung entweder nicht im Muskel oder wenigstens nicht allein im Muskel, sondern jedenfalls mit im Nerven begründet sein muss.

Aus der Menge der Protocolle will ich nur einige wenige Versuche herausgreifen, um meine Ausführungen zu belegen:

NP (Nullpunkt) bedeutet den der Ruhelage des Magneten entsprechenden Scalentheil (Sc), ES den Electrodenstrom, NS den Nervenstrom, NSch die negative Schwankung des compensirten Nervenstromes bei Durchschneidung (DS).

Doppelnerv: NP 500; ES 500—514; NS 514—800 = 286
NS compensirt auf 500.

Nach Oeffnung des Galvanometerkreises erscheint NP um 3 Sc. verschoben, wird wieder auf 500 eingestellt. Nach wiederholter Controlle bleibt NP und NS beständig und es wird das Signal zur Durchschneidung gegeben:

Erste DS: Rasche Bewegung von 500—482.

Unmittelbar nach erfolgter Schwankung steigt der Nervenstrom wieder rasch an bis 492 und dann langsamer bis auf 500; NP (nach Oeffnung des Kreises) = 500.

NSch = 18 Sc.

Nach erneuter Controlle von Compensation und Nullpunkt:
Zweite DS 500—494.
Wieder ansteigend auf 500; NP = 500.

NSch = 6 Sc.

Doppelnerv: NP = 500; ES 500—481; NS 481—845 = 364.
Compensirt auf 500; NP = 500.
DS: 500—477.

Wieder rasch wachsend bis 490, dann langsam auf 498; NP (nach Oeffnung des Kreises) = 499.

NSch = 22 Sc.

Es ist mir ausnahmsweise auch vorgekommen, dass die zweite Durchschneidung eine ebenso starke negative Schwankung erzeugte wie die erste. Ich verstehe natürlich unter der Grösse der Negativschwankung ihr Verhältniss zum Nervenstrom und nicht den absoluten Ablesungswerth. Der letztere kann allerdings bei der zweiten

Durchschneidung oft höher sein als bei der Ersten, wie z. B. in folgendem Versuche:

Doppelnerv: NP 500; ES 500—503; NS 503—780 = 277.
Compensirt auf 500; NP (nach Oeffnung des Kreises) 500.
Erste DS: 500—481.
Wieder vor auf 498; NP (nach Oeffnung) 499.

NSch = 18 Sc.

Hierauf wird ein neuer Querschnitt gemacht und frisch aufgelegt.

NP = 500; ES 500—503; NS 503—858 = 355.
Compensirt auf 500; NP = 500.
Zweite DS: 500—480.
Wieder vor auf 500; NP (nach Oeffnung) = 500.

NSch = 20 Sc.

Bei procentischer Berechnung ergiebt sich für die Negativschwankung bei der ersten Durchschneidung circa $^1/_{15}$ des Nervenstromes; für die Negativschwankung bei der zweiten Durchschneidung circa $^1/_{18}$ des Nervenstromes. Thatsächlich war also die Negativschwankung bei der ersten Durchschneidung die grössere.

Ich muss bemerken, dass die oben angeführten Werthe der Negativschwankung zu den höchsten zählen, welche ich bei Durchschneidung erreicht habe.

Bei der grösseren Zahl der Ablesungen — 42 Versuche — schwankten sie zwischen 5Sc und 15Sc. Ein Minimum von 2—3Sc brachten nur einige wenige Beobachtungen; solche minimale Werthe bekam ich aber auch bei Warmfröschen.

Für die Grösse der Negativschwankung sind von wesentlicher Bedeutung, wie ich nochmals hervorheben will, erstens der hohe Grad der Nervenerregbarkeit und alle Umstände, welche denselben zu erhalten geeignet sind — als schonende Präparation und rasche Herrichtung des Versuches, ferner die Vollkommenheit des Querschnitts und dessen sorgfältige Anlagerung an die Electrode.

Der Verlauf der Erscheinung entspricht, was die negative Phase der Schwankung betrifft, dem Vorgange bei electrischer Reizung. Unmittelbar nach der Durchschneidung tritt eine schnelle Bewegung ein, der Spiegel geht gleichmässig bis zu einem gewissen Scalentheile zurück. Aber das Wiederanwachsen des (compensirten) Stromes erfolgt langsamer und zwar in der Weise, dass sich

der Spiegel entweder gleich von seiner neuen Stellung aus in trägem Gange zum Nullpunkt wendet, oder dass er sich zuerst mehrere Scalentheile weit rasch bewegt, um erst dann mit starker Verzögerung der Ruhelage zuzustreben. Dieses langsame Wiederanwachsen des Stromes ist die Folge der langsam abklingenden Dauererregung. — Ist der Strom im Momente der Durchschneidung in spontaner Abnahme begriffen, so erfolgt zwar eine negative Schwankung in der Form einer beschleunigten Schwächung, aber der Strom wächst nicht mehr an; der Spiegel verharrt bei dem erreichten Scalentheile, um nach mehreren Secunden seinen begonnenen Rückschwung wieder langsam fortzusetzen.

Bei der Vergleichung der Wirkungen auf das Galvanometer mit den Muskelreactionen durch Controllversuche hat sich ergeben dass die Muskeln gewöhnlich noch in Unruhe waren, als der Magnet die Ruhelage bereits wieder erreicht hatte. Die letzten Erregungen wurden also vom Galvanometer nicht mehr angezeigt.

Ich habe auch Versuche gemacht, bei welchen statt des Nervenstammes die Nervenwurzeln durchschnitten wurden, zuerst die vorderen und dann die hinteren.

Zu dem Zwecke habe ich am decapitirten Thiere die Wirbelsäule eröffnet, die Meningen entfernt, unter das ganze Paket der hinteren Wurzeln beider Ischiadici einen feuchten Seidenfaden gezogen und nun das Präparat in der beschriebenen Weise angefertigt. Die Zubereitung geschah wie bei den früheren Versuchen, nur dass ich das Rumpfstück in der Ebene der Glasplatte zwischen zwei kleinen beschwerten Muskelhaltern festklemmte, von da den Doppelnerven über die Thonstäbchen zu den Electroden führte und mit dem Knieende auflegte. Es wäre leichter gewesen, zuerst die hinteren Wurzeln zu durchschneiden; ich wollte dies aber vermeiden, um vollständig vergleichbare Resultate zu erhalten, d. h. Negativschwankungen bei lediglich centrifugaler Erregung der beiden Wurzeln.

Bei Durchschneidung der vorderen Wurzeln wurden die hinteren an ihrem Seidenfaden durch einen Halter etwas abgehoben, was dem einen Scherenblatt den nöthigen Platz verschaffte. Nur bei einigen wenigen Versuchen wurden zuerst die hinteren durch-

schnitten nach vorangegangener Durchtrennung des Markes oberhalb der Abgangsstelle der Ischiadicuswurzeln.

Ich lasse ein Beispiel folgen:

Wurzelpräparat mit Doppelnerv. NP 500; ES 500—496; NS 496—760 = 264.

Compensirt auf 500; NP 500.

DS (vordere Wurzeln): 500—494.

Wiederansteigend auf 500; NP = 500.

NSch = 6 Sc.

Nachdem der Ruhestrom beständig erscheint, und der Nullpunkt nochmals controllirt ist:

DS (hintere Wurzeln): 500—496.

Wiederansteigend auf 500; NP 500.

NSch = 4 Sc.

Nach kurzer Pause wird eine dritte Beobachtung gemacht bei Abtrennung des Doppelnerven vom Rumpfstück:

NP = 499.

DS (Nervenstamm): 499—487.

Wiederansteigend auf 498; NP = 498.

NSch = 11 Sc.

Im letzten Falle, wo die motorischen und die sensiblen Fasern gleichzeitig der Reizung verfielen, stieg also der Werth der Negativschwankung ca. auf das Doppelte.

Es ist begreiflich, dass bei der etwas umständlicheren Präparation die Erregbarkeit mehr oder weniger gelitten hat und daher die Werthe etwas niederer ausfielen als bei den früheren Versuchen. In der Regel ergab die Durchschneidung der hinteren Wurzeln kleinere Zahlen, woraus jedoch ohne weiteres auf eine geringere Erregbarkeit der hinteren Wurzelfasern für centrifugale mechanische Reize nicht geschlossen werden darf.

Aus diesen wie aus den oben besprochenen Versuchsreihen geht zur Genüge hervor, dass einmalige mechanische Reizung, d. i. die Durchschneidung der Wurzeln oder des Nervenstammes eine echte negative Schwankung des Ruhestromes bewirkt, dass

diese Erscheinung unter günstigen Umständen eine ganz beträchtliche sein kann und dass ihre Beobachtung nunmehr durch das angegebene Verfahren der Zahl der am Frosche typisch ausführbaren nervenphysiologischen Demonstrationen angehört.

Reizung auf chemischem Wege.

Die chemische Erregung hatte nach du Bois-Reymond keinen Einfluss auf die Multiplicatornadel, auch dann nicht, als er die Lösung (Kalilauge) behufs Tetanisirens nacheinander auf alle Punkte der langen verfügbaren Nervenstrecke einwirken liess. Dagegen beobachtete später Grützner[1]) mit der Wiedemannschen Boussole eine allmähliche Stromabnahme. In seiner ganz kurzen Bemerkung über diesen Gegenstand sagt er: „Wenn man einen Hüftnerv eines Frosches nach dieser Richtung hin untersucht, also von einem Ende desselben ableitet, während man das andere mit concentrirter Kochsalzlösung oder anderen chemischen Reizen in Berührung bringt, so beobachtet man im allgemeinen ein allmähliches Zurückgehen des Spiegels, das von kleinen Zuckungen unterbrochen wird."

Kühne[2]) und Steiner erhielten Negativschwankung am marklosen Nerven, am Olfactorius des Hechtes bei Reizung mittels concentrirter Kochsalzlösung und Glycerin.

Die vorerwähnte Wahrnehmung Grützners wurde zwar bestätigt, aber es ist meines Wissens noch nicht der Versuch gemacht worden, eine vollkommene Negativschwankung bei chemischer Erregung zur Anschauung zu bringen, d. h. während der Reizung das Sinken und nach der Reizung das Wiederanwachsen des Stromes zu zeigen. Dies ist mir bei Kaltfröschen mittels zweier Methoden gelungen, erstens durch

---

1) cit. ob. p. 280.

2) Untersuchungen aus dem Physiolog. Institute der Universität Heidelberg. 1880. III. Band, p. 164.

Abtrennung des innerhalb der Reizquelle liegenden centralen Endes vom übrigen Nerven und zweitens durch vorsichtige Auswaschung wirksamer wasserentziehender Agentien aus dem hiervon ergriffenen Nervenende.

Die Anordnung blieb im Princip dieselbe wie bei den mechanischen Reizungen; zumeist benützte ich auch Nerven, an denen zuvor ein Durchschneidungsversuch (beim Abgang von der Wirbelsäule) angestellt worden war.

Bei den ersten Versuchsreihen wurde das auf dem Thonstäbchen ruhende Beckenende mit einem aus Kochsalzpulver bereitetem Brei überdeckt, der Reizerfolg abgewartet und nun der Nerv zwischen erstem und zweitem Stäbchen durchtrennt, also ein Stück von etwa 1—1$^1/_2$ cm abgeschnitten.

Es dauert bekanntlich immer eine Weile, bis der Reiz zu wirken anfängt; der Spiegel bewegt sich in ungleichmässigem Gange bald rasch bald träge zurück; nach der Durchschneidung bricht er seinen Rückschwung ab und geht wieder vor, in manchen Fällen sogar wieder bis zum Nullpunkte bei compensirtem Ruhestrom z. B.:

Doppelnerv. NP = 500. ES 500—505; NS 505—833 = 328.

Compensirt auf 500. NP (nach Oeffnung des Kreises) = 500.

Nach Auflagerung von Kochsalzbrei auf das centrale Nervenende geht der Spiegel schrittweise zurück von 500—473; nach Abschneidung der erregten Strecke (1 cm) wieder vor von 473 bis 500. — NP (nach Oeffnung des Kreises) = 500.

NSch = 27 Sc.

Der Strom wächst also trotz der Verkürzung des Nerven wieder an, nachdem die Reizquelle ausgeschaltet ist. Allerdings geschieht dies oft nur unvollkommen. Der Grund hierfür dürfte wohl in dem Umstande gelegen sein, dass der Durchschneidungsreiz, wenn er auch keine Zunahme der negativen Schwankung herbeiführt, so doch das Wiederansteigen des Stromes verlangsamen, beziehungsweise beeinträchtigen kann.

Vereinzelte Versuche mit ähnlichem Erfolge habe ich auch mit Kalilauge und Glycerin ausgeführt.

Das zuverlässigere und zweckmässigere Verfahren ist die Auswaschung des wirksamen Agens; es bringt den Vortheil, dass der Nerv unverkürzt bleibt, und dass von derselben Stelle aus eine bedeutende Negativschwankung wiederholt zum Vorschein, beziehungsweise zum Verschwinden gebracht werden kann. Am besten bewährte sich Alcohol[1]) als Reizmittel.

Der Unterschied in der Wirkung bei Warm- und Kaltfröschen ist sehr in die Augen springend. Taucht man das Beckenende eines Nervmuskelpräparates vom Warmfrosch in Alcohol, so erfolgt eine oder einige wenige Zuckungen, es zeigen sich noch fibrilläre Bewegungen in einzelnen Muskelgruppen und dann tritt sogleich Ruhe ein. Am Nervmuskelpräparat des Kaltfrosches hingegen entsteht zuerst Tetanus der Beuger, der alsbald in einen heftigen, anhaltenden Strecktetanus übergeht. Derselbe nimmt ab, wenn man das Nervenende aus dem Alcohol in physiologische Kochsalzlösung legt; nach längerer Auswässerung oder wiederholtem Wechsel der Waschflüssigkeit hört der Krampf ganz auf. Nach frischer Zufuhr von Alcohol bricht er von neuem aus und kann wiederum durch physiologische Kochsalzlösung beruhigt werden. Der Versuch ist mehrmals hintereinander ausführbar. Mit jeder Alcoholreizung wird der Tetanus begreiflicherweise schwächer. — Derartige Vorversuche liessen mich auch einen günstigen Erfolg am Galvanometer erwarten.

Ich arbeitete bald mit einem einzigen Nerven, bald mit dem Doppelnerven. Die Anordnung war wie bei den früheren Versuchen. An Stelle des ersten Thonstäbchens befand sich auf dem Glasplattenstativ ein Uhrschälchen je nach Bedarf gefüllt mit Alcohol oder physiologischer Kochsalzlösung, worin das Nervenende mit einer Länge von ca. 1 cm flottirte. Da jede dieser Beobachtungen mehr Zeit in Anspruch nahm und während derselben die Bedingungen am übrigen Nerven möglichst unverändert bleiben mussten, so war es hierbei besonders geboten, vor Beginn der Reizung die Thonstäbchen, den Nerven und die Pinsel zum Schutze vor Vertrocknung gut zu befeuchten.

Die Auswaschung bestand im Entfernen des Alcohols und

---

1) Käuflicher absoluter Alkohol (circa 98 %).

Zuführen von physiologischer Kochsalzlösung, welche mehrmals gewechselt wurde. Bei wiederholter Reizung verblieb das Nervenende unberührt im Uhrschälchen. Jeglicher Wechsel von Flüssigkeit geschah durch Aufsaugen beziehungsweise Auftropfen mittels Pipette.

Um den Hergang zu schildern, will ich nur einen Versuch ausführlich mittheilen:

Doppelnerv: NP = 500; ES 500—496; NS 496—800 = 304.
Compensirt auf 500; NP (nach Oeffnung) = 500.

Erste Alkoholreizung: Beckenende (1 cm) in der Uhrschale: es dauert etwa zwei Minuten, bis stärkere Wirkung beginnt; der Spiegel geht anfangs langsam mit kurzen Unterbrechungen von 500 auf 480; dann rascher auf 470, 465.

6 h 20 Beginn der Auswaschung. Strom fällt während des wiederholten Wechsels der Kochsalzlösung zunächst noch weiter und steht erst bei 443.

Im Ganzen eine Stromesabnahme von 500—443 = 57.

6 h 25 steht auf 443.

6 h 27	vorgegangen	auf	445;	NP (Controlle durch Oeffnung des Kreises) 499.
6 h 28	„	„	450;	
6 h 30	„	„	460;	steht 1—2 Minuten auf 460; dann rasch steigend; nochmalige Erneuerung der Waschflüssigkeit.
6 h 32	„	„	477	
6 h 33	„	„	480;	NP = 500.
6 h 35	„	„	485	
6 h 38	„	„	488	
6 h 39	„	„	491;	NP (nach Oeffnung) = 502; regulirt auf 500.
6 h 40	„	„	493	
6 h 43	„	„	495	
6 h 45	„	„	496;	bleibt stehen auf 496; NP (nach Oeffnung) = 500.

NSch = 57 Sc.

Zweite Alkoholreizung: Strom wieder compensirt auf 500; NP = 500. Wirkung beginnt rascher als bei der ersten Reizung (schon nach mehreren Secunden).

Strom fällt von 500—481 und im Beginn der Auswaschung noch bis 465. Im Verlaufe von 15 Minuten steigt er wieder von 465—497; NP = 500.

NSch = 35 Sc.

Dritte Alkoholreizung: 500—453; nach wiederholtem Wechsel der Kochsalzlösung wieder von 453—492; NP (nach Oeffnung) = 498.

NSch = 45 Sc.

Um mich zu überzeugen, dass die starke Negativschwankung nicht etwa zum Theil von einer Fernwirkung der sich entwickelnden Alcoholdämpfe auf die interpolare Strecke herrühre, habe ich mehrmals während der Auswaschung ein Schälchen mit Alcohol aufgestellt und zwar in derselben Entfernung von den Electroden wie bei der Reizung; diese Massregel änderte jedoch nichts in der Art oder in dem Verlaufe der Stromeszunahme.

Es ist zweckmässig, die Reizung zu unterbrechen, sobald der Spiegel einen Rückschwung von 20—30 Theilstrichen vollendet hat, denn die Alcoholwirkung dauert, wie obiger Versuch lehrt, im Beginne der Auswaschung noch fort, so dass sich schliesslich eine sehr bedeutende Negativschwankung ergiebt; andererseits ergreift der Alcohol bei zu langer Reizung auch die ausserhalb des Schälchens gelegenen, angrenzenden Nerventheile und es genügt die Auswaschung des im Schälchen befindlichen Nervenendes nicht mehr, um das sonst fast vollständige Wiederanwachsen des Stromes zu bewerkstelligen.

Je grösser die Negativschwankung, desto mehr Zeit verstreicht, bis der Strom wieder zur ursprünglichen Höhe ansteigt.

In Bezug auf das Ausmass der Erscheinung steht die Negativschwankung bei chemischer Reizung, die eine tetanisirende ist, der bei tetanisirender Inductionsreizung eintretenden am nächsten; sie kann diese selbst in manchen Fällen übertreffen.

Eigenthümlich ist es, dass mit jeder neuen Alcohol-Reizung die negative Schwankung schneller eintritt und gewöhnlich auch rascher abläuft; es macht den Eindruck, als ob die durch die erste

Entwässerung herbeigeführten Veränderungen gewissermaassen vorbereitend wirkten und die nächsten Reizungen erleichtern würden.

Die Ergebnisse, welche ich bei centripetaler Erregung (des Knieendes) erzielte, entsprachen durchaus denen der Centrifugalerregung. Auch von den freigelegten Ischiadicuswurzeln aus erhielt ich beträchtliche Negativschwankung.

Wenn die Alkoholreizung nicht übertrieben wird, so ist das ausgewaschene Nervenende noch erregbar für Inductionsströme mittler Stärke und es lassen sich die negativen Schwankungen bei verschiedenen Reizarten hintereinander demonstriren.

Man könnte vielleicht trotzdem den Einwand erheben, dass die Erregbarkeit des ausgewaschenen Nervenendes, sei es für den Alkoholreiz oder für Inductionsströme, gar nicht von einer Wiederbelebung der früher gereizten Nervensubstanz herrühre, sondern lediglich durch tiefer gelegene Fasern bedingt sei, welche vom Alkohol überhaupt nicht ergriffen waren. Unter dieser Voraussetzung würde die Zunahme des Nervenstromes während der Auswaschung in keiner Beziehung stehen zu einer Restitution des Nervenendes, sondern sie würde sich ausschliesslich erklären durch die gründliche Beseitigung des immer tiefer eindringenden und zerstörend wirkenden Alkohols. Zur Erledigung dieser Frage, welche auch für die Kenntniss der Reizwirkung des Alkohols von Bedeutung ist, habe ich noch folgende Experimente wiederholt angestellt:

Ich legte das Beckenende des an einem Halter befestigten Nervmuskelpräparats vom Kaltfrosch (Esculenta) mit einer Länge von circa $1^1/_2$ cm in ein mit Alkohol gefülltes Uhrschälchen; nach längstens zwei Minuten, während welcher Zeit sich heftiger Tetanus entwickelt hatte, brachte ich den Nerven in physiologische Kochsalzlösung, wartete den Moment ab, bis der Schenkel zur Ruhe kam und prüfte nun sofort die Erregbarkeit des zuvor in Alkohol gelegenen Beckenendes mittels Induktionsstrom (Schlittenapparat nach du Bois mit 4115 W; 20 cm RA; 1 Dan.). Ich fand die Unterbindungsstelle und von hier ausgehend noch ein weiteres Stück von etwa 12 mm vollständig unerregbar, den Uebergang zu der nicht gereizten Strecke schwach erregbar.

Nun nahm ich die weitere Auswaschung vor, tauchte den grösseren Theil des Ischiadicus in physiologische Kochsalzlösung, wechselte dieselbe mehrmals und sorgte auch durch sachtes An-

blasen für leichte Bewegung des Nerven innerhalb der Waschflüssigkeit. Von 5 zu 5 Minuten wurde die Prüfung der Erregbarkeit mit derselben Stromstärke (RA 20) vorgenommen:

Nach 5 Minuten ergab bereits die Reizung an der Unterbindungsstelle Zuckungen oder tetanische Unruhe; beim Vorrücken der Electroden um einige Millimeter trat schon Tetanus auf.

Nach weiteren 5 Minuten erhielt ich wieder von der ganzen früher unerregbaren Strecke, also auch von der Unterbindungsstelle aus starken Tetanus.

Nach 15 Minuten war vom Beckenende selbst durch viel geringere Stromstärken (RA 25—27) heftiger Krampf des Unterschenkels auszulösen.

Dieses allmähliche Erholen der scheinbar abgetödteten Strecke liess sich an demselben Nervmuskelpräparat in ebensolcher Weise nach einer zweiten Alkoholreizung des Beckenendes beobachten.

Nicht allein für den Alkoholreiz und für Inductionsreize erneuert sich die Erregbarkeit durch die Auswaschung, sondern es werden auch mechanische Erregungen wieder wirksam. Während unmittelbar nach der Alkoholeinwirkung Durchschneidungen des Nervenendes erfolglos bleiben, verursachen sie nach längerer Auswaschung wieder Zuckungen, in manchen Fällen sogar Dauercontractionen.

Aus diesen Versuchen folgt, dass die bereits geschwundene Erregbarkeit der Nervensubstanz während der Auswaschung zurückkehrt und dass der Alkohol bei vorübergehender Einwirkung den Nerven heftig erregen kann, ohne die Reizstrecke abzutödten. Insbesondere kann ich aus diesen Erfahrungen in Bezug auf meine Beobachtungen über Negativschwankung bei Alkoholreizung den Schluss ziehen, dass die von demselben Nervenende aus wiederholt hervorgerufenen negativen Schwankungen nicht von dem Ergreifen neuer, bisher vom Alkohol verschonter Fasern herrühren, sondern thatsächlich in der Wiedererregung derselben Stellen begründet waren.

Ich habe schliesslich auch versucht, die Austrocknung des Nervenendes als Reiz zu verwerthen. Dasselbe lag auf Filtrirpapier, während die ganze übrige Nervenstrecke gut be-

feuchtet blieb. Der Rückschwung des Spiegels geschah mehr ruckweise. Nach Zufuhr von physiologischer Kochsalzlösung fing zwar der Strom wieder zu wachsen an, aber unter fortwährenden kleinen Schwankungen und nicht in so regelmässiger und vollkommener Weise, als wie nach der allmählichen Entwässerung durch Alkohol[1]).

Echte thermische Reizungen, d. h. solche mit mittleren Wärmegraden habe ich nicht in meinen Versuchsplan einbezogen, nachdem speciell in dieser Richtung Grützner's Beobachtungen positive Resultate förderten. Die von Grützner erhaltenen Werthe der Negativschwankungen sind zwar, wie er selbst hervorhebt, geringfügig, aber dennoch beweisend, weil er durch methodisch sorgfältige Controllversuche auf die (bei thermischer Reizung) entstehenden Thermoströme Rücksicht genommen und auch anderweitige Fehlerquellen, wie besonders die durch ungleichartige Erwärmung der ableitenden Electroden bedingten Störungen bei seinen Versuchen zu vermeiden gewusst hat. Bei Benützung von Kaltfröschen dürften auch hier höhere Werthe erzielt werden.

Es bleibt mir nur mehr übrig, einiger Experimente Erwähnung zu thun, bei welchen Durchfrierung oder Durchätzung den Nervenreiz darstellte.

Die Durchätzung besorgte ich durch sachtes Andrücken des befeuchteten Lapisstiftes an das auf dem Thonstäbchen ruhende Nervenende.

Zur Durchfrierung bediente ich mich des mit einer Kältemischung erfüllten Platintiegels oder besser einer eigenen Vorrichtung, bestehend aus einem Glastrichter ohne Abflussrohr, dessen untere Oeffnung wasserdicht verschlossen ist; durch diesen Verschluss ist ein kurzer Kupferdraht gesteckt, welcher sich nach

---

1) Im Anschlusse an die oben geschilderten Experimente will ich beiläufig einen bei anderem Anlasse ausgeführten Versuch mittheilen, welcher sich auf das electromotorische Verhalten austrocknender Nerven bezieht. — Wenn man den ganzen Nerven soweit ausgetrocknet hat, dass er bei blos äusserlicher Befeuchtung keine Negativschwankung (bei Inductionsreizung) und auch keinen Nervenstrom mehr anzeigt, so kann man es durch längeres Aufquellen desselben in physiologischer Kochsalzlösung dahin bringen, dass der Nervenstrom neuerdings zum Vorschein kommt und nach einiger Zeit auch wieder die Negativschwankung allerdings in geringerem Ausmasse wahrnehmbar wird. Ich gedenke, diese Erscheinungen gelegentlich zum Gegenstand einer ausführlicheren Untersuchung zu machen.

Anfüllung des Trichters mit der Kältemischung (geschabtes Eis und Kochsalz in wechselnden Schichten) mit einem weissen Reif beschlägt und ausserordentlich wirksam ist. Der Vortheil dieses Verfahrens gegenüber der Verwendung des Platintiegels liegt in der geringen, nur wenige Millimeter betragenden Ausdehnung der Erregungszone.

Als Beispiel möge je ein Versuch genügen:

Doppelnerv. NP 500; ES 500—497; NS 497—794 = 297.
Compensirt auf 500. NP 500.

Durchätzung (Beckenende): rasche Bewegung von 500—489 dann wieder allmählich ansteigend auf 500. NP 500.

NSch = 11 Sc.

Doppelnerv. NP 500; ES 500—504; NS 504—805=301.
Compensirt auf 500. NP 500.

Im Momente der Anlagerung des Beckenendes an die Gefriervorrichtung: schnelle Schwankung von 500—488.

Nach wenigen Sekunden vollständiger Ruhe geht der Spiegel wieder sehr langsam bis 500. NP = 500.

NSch = 12 Sc.

Aus solchen Versuchen ging hervor, dass die negativen Schwankungen bei Durchätzung oder Durchfrierung der Nerven in Bezug auf Verlauf und Grösse der Erscheinung vergleichbar sind mit den Ergebnissen der einmaligen mechanischen Erregung durch den Durchschneidungsreiz.

Einige Versuche mit der Wunderscheibe.

Von

Dr. P. Grützner
(Tübingen).

Hierzu 3 Holzschnitte.

Die Wunderscheibe, welche Anfang der dreissiger Jahre in einigen ihrer Haupteigenschaften schon von Faraday erkannt, dann unabhängig von einander von Plateau und Stampfer erfunden wurde, existirt wie bekannt in einer ausserordentlich grossen Menge von Formen und unter den verschiedensten Namen. Wunder-, Zauber- oder stroboskopische Scheibe, Phänakistoskop (Plateau), Phorolyt (Purkinje), Lebensrad, Zoëtrop, Dädaleum (Horner), Schnellseher (Anschütz) sind im Wesentlichen die gleichen und dem gleichen Zwecke dienenden Apparate, nämlich dem Auge Bewegungen eines Gegenstandes zu zeigen, indem man den Gegenstand selbst in verschiedenen, aufeinanderfolgenden Phasen seiner Bewegung immer eine ganz kurze Zeit dem Auge darbietet.

Faraday[1]) verwendete zwei nur mit Schlitzen oder Speichen versehene Scheiben, die mit einem Mechanismus versehen waren, „wodurch man sie mit beliebiger Schnelligkeit und in beliebiger Richtung um ihre Axen", die nebenbei bemerkt in eine einzige

1) Journal of royal Instit. II, 205 und (deutsch) Zeitschr. für Physik und Mathem. Bd. 10, Wien, 1832, S. 80.

zusammenfielen, drehen konnte. Plateau's[1]) und Stampfer's[2]) Apparate waren im Wesentlichen gleich gebaut; doch wird vielfach statt zweier, auf einer gemeinschaftlichen Axe sich drehenden Scheiben, nämlich der geschwärzten grösseren mit den Schlitzen und der kleineren mit den Bildern nur eine verwendet, welche die gleichabständigen Löcher oder Schlitze an der Peripherie, die Bilder näher dem Centrum hat und mit den Bildern gegen einen Spiegel gehalten wird. Das durch die Löcher schauende Auge sieht die Bilder in ihren scheinbaren Bewegungen im Spiegel. Diese Form ist ungemein bequem und hat unter dem Namen der Wunderscheibe vielfache Verbreitung auch als Spielzeug gefunden.

Nicht minder verbreitet ist namentlich jetzt eine andere Gestalt unseres Apparates, der aber nicht in Form einer oder mehrerer Scheiben, sondern in Form eines grossen, um eine vertikale Axe sich drehenden Hohlcylinders, als sogenanntes Lebensrad, Zoëtrop auftritt. Die Löcher oder Schlitze sind auf dem Mantel des hohlen Cylinders angebracht, in welchem die auf langen Papierstreifen gezeichneten Bilder an die Cylinderfläche angelegt werden. In der vollkommensten Form werden derartige Apparate jetzt von Anschütz in den Handel gebracht. Da die einzelnen Bilder Momentphotographieen von sich bewegenden Thieren und Menschen darstellen, erhält man bei Drehung des Cylinders überraschend schöne, weil durchaus natürliche Bewegungen. Meiner Ansicht nach ist die erste von Anschütz beschriebene Form, wie sie beispielsweise in Helmholtz, Handbuch der physiologischen Optik 1892 S. 495 abgebildet ist, die beste.

Eine zweite, beziehungsweise dritte Form zeigt die Wunderscheibe oder besser gesagt das Lebensrad, indem der eben geschilderte Apparat mit einer Spiegelvorrichtung combinirt wird. In der Mitte des Hohlcylinders, der aber jetzt keine Schlitze hat, ist nämlich befestigt und dreht sich mit ihm auf der gleichen Axe eine Menge senkrecht stehender Spiegel, die mit ihren spiegeln-

1) Correspondance math. et physique de l'observ. de Bruxelles, T. 7, 1832 p. 365.

2) Stampfer, Die stroboskop. Scheiben, Wien und abgedruckt in Jahrbücher des k. k. polytechn. Institute in Wien, Bd. 18, Wien 1834, S. 237.

den Flächen den Bildern gerade gegenüberstehen und in derselben Zahl wie diese vorhanden sind. Das Auge des Beobachters sieht also immer, wenn es gerade einem Spiegel gegenübersteht, einen Moment das auch diesem gegenüberliegende Bild und beim Drehen der Trommel in schnellem Wechsel ein Bild nach dem andern.

Schliesslich hat man sich auch bemüht, die Vorgänge objectiv zu demonstriren. Es ist dies geschehen in dem sogenannten Dädaleum, wie dasselbe in den für jeden Experimentator ungemein empfehlenswerthen „Physikalischen Demonstrationen" von Weinhold, Leipzig 1881 S. 329 ausführlich beschrieben ist. Zwei sich mit verschiedenen Geschwindigkeiten gegen- oder mit einander drehende Scheiben, von denen die eine die Reihe der Bilder, die andere einen sectorenförmigen Schlitz trägt, lassen immer an demselben Ort ein Bild nach dem andern erscheinen. Wer speciell diese Vorrichtung welche an die Faraday'schen Versuche erinnert, angegeben hat, ist mir nicht bekannt.

Weiter hat Uchatius[1]), von anderer Seite angeregt, zwei Methoden ersonnen und beschrieben, vermittelst welcher immer nur ein Bild in seinen Bewegungen auf einer Wand projicirt und von vielen gesehen werden kann. Es sei mir hier gleich gestattet zu bemerken, dass auch ich ganz wie Uchatius von befreundeter Seite befragt, beziehungsweise aufgefordert, ob sich nicht gewisse sehr lehrreiche Bewegungsvorgänge, die man sonst nur vermittelst der gewöhnlichen Wunderscheibe einzeln beobachten könnte, objectiv darstellen liessen, ebenfalls zwei Methoden ausfindig gemacht habe, vermittelst welcher man die besagte Aufgabe lösen kann.

Vorweg sei erwähnt, dass man alle stroboskopischen Scheiben und Apparate, ganz unabhängig von ihrem sonstigen Bau, in zwei grosse Abtheilungen trennen kann, nämlich in die erste, in welcher man nur ein einziges Bild in Bewegung sieht, und in eine zweite, in welcher man alle oder wenigstens einige Bilder zu gleicher Zeit in Action beobachten kann. Die letzteren Apparate, welche den Blick auf alle Bilder zugleich gestatten, sind den ersteren in vieler Beziehung vorzuziehen.

Ohne die Bemühungen von Uchatius zu kennen, habe ich,

1) Stzungsberichte der k. k. Akademie zu Wien Bd. 10, 1853, S. 482.

was die objective Darstellung eines bewegten Bildes anlangt, im Wesentlichen die erste der von ihm beschriebenen Methoden angewendet. Es verlohnt sich vielleicht dieselbe hier kurz zu beschreiben und zu skizziren, da sie, namentlich was Lichtstärke der Bilder anlangt, derjenigen von Uchatius — natürlich unter sonst gleichen Umständen — überlegen sein muss.

Die von der starken Lichtquelle l (siehe nachstehende schematische Zeichnung Fig. 1) ausgehenden Strahlen werden durch die Linse L_1 des Beleuchtungs-Apparates parallel gemacht und von einer zweiten Linse L_2 nach dem Punkt A zu convergent gebrochen. Durch eben diesen Punkt A schneidet die um die Axe BC drehbare Scheibe $S_1 S_1$ mit den Löchern oder Schlitzen durch, so dass nahezu die gesammte Lichtstärke der Lichtquelle l einmal voll auf das gerade gegenüberstehende durchsichtige Bild bb_1

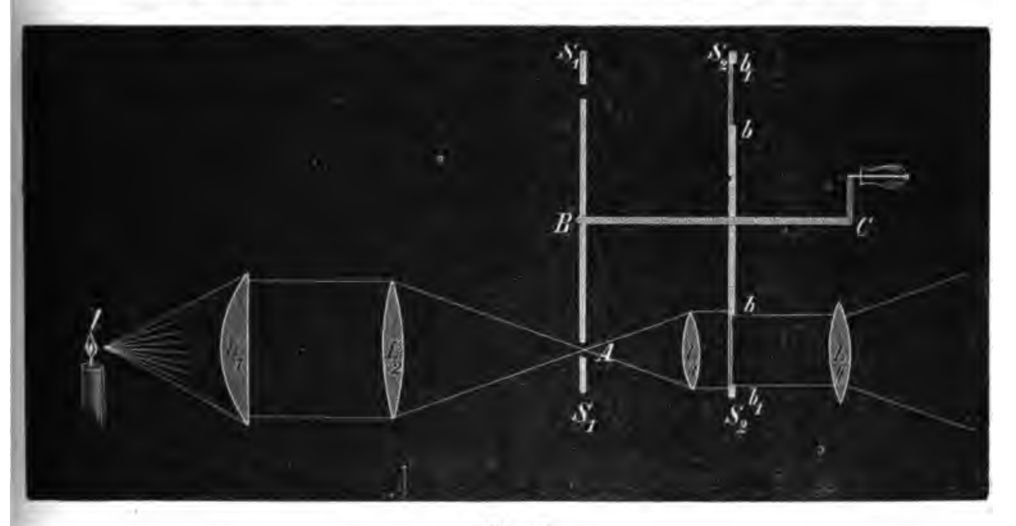


Fig. 1.

der auf derselben Axe befestigten Bildscheibe $S_2 S_2$ fällt, womöglich noch concentrirt durch die Linse L_3 und kurze Zeit darauf wieder vollkommene Dunkelheit herrscht. Eine weitere Linse L_4 projicirt das Bild an die Wand, welches bei ausreichend rascher Drehung der Scheiben in Bewegung geräth.

Bei Uchatius ist die erste Scheibe eine Schlitzscheibe; auf einen Schlitz fällt jedoch ein rundes convergirendes Lichtbüschel,

so dass vielleicht $^9/_{10}$, wenn nicht mehr von dem gesammten Licht für die Beleuchtung verloren gehen; denn der Schlitz der Scheibe S_1S_1 bildet nahezu nur den Durchmesser des Kreises, in welchem der Strahlenkegel der Lampe l die Scheibe S_1S_1 schneidet. Wollte man übrigens Schlitzscheiben verwenden, so könnte man mit Cylinderlinsen die Lichtquelle auch viel besser ausnützen.

Während ich den oben in Fig. 1 beschriebenen Apparat nur provisorisch zusammengestellt, habe ich den zweiten, jetzt zu schildernden, der alle Bilder zugleich projicirt, genauer ausgearbeitet, beziehungsweise von Herrn Mechaniker E. Albrecht ausarbeiten lassen. Er hat im Wesentlichen folgenden Bau.

Vor der Linse L_1 (siehe Fig. 2), welche die von der Lichtquelle l kommenden Strahlen ein wenig convergent macht, befindet sich eine feste Scheibe SS mit der entsprechenden Anzahl von sectorenförmigen Schlitzen, welche mit gestrichelten Conturen umgrenzt sind, während die Durchschnitte der vollen Scheiben schraffirt

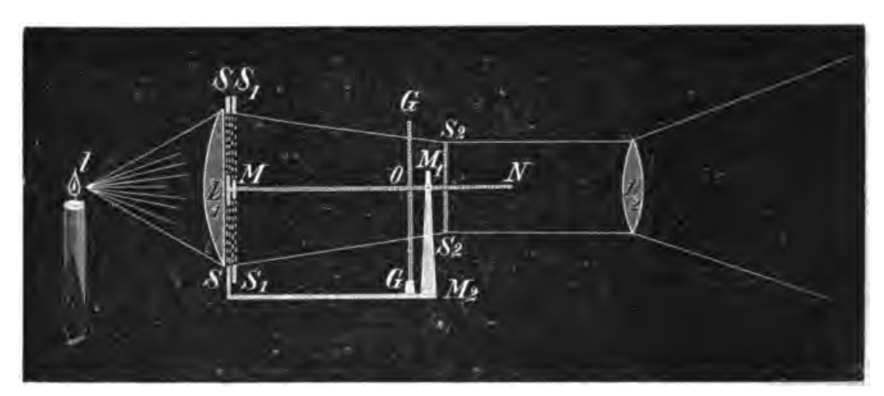


Fig. 2.

sind. Jeder Schlitz umfasst 2 Grad; ihre Zahl ist gleich derjenigen der Bilder, bei unserem Apparat 20. In der Mitte der Scheibe SS befindet sich ein Lager, welches die Axe der beiden drehbaren Scheiben, der Schlitzscheibe S_1S_1 und der durchsichtigen Bildscheibe S_2S_2 in einem ihrer Endpunkte im M trägt. Das andere Axenlager M_1 ist an einem festen, rechtwinkligen Stück, welches von der festen Scheibe SS ausgeht, dem Stück SM_2M_1 befestigt. Man kann auch, um den Schatten des Stabes M_2M_1 an der Wand zu vermeiden, diesen durch eine in O durchbohrte Glasscheibe

GG ersetzen, welche in entsprechender Weise, ähnlich wie M_2M_1 befestigt wird und die Axe in *O* trägt.

Dreht man die Scheiben S_1S_1 und S_2S_2 um ihre gemeinschaftliche Axe *MN* und hat man dafür gesorgt, dass diese gut centrirt ist und die bewegliche Scheibe S_1S_1 ganz nahe an der feststehenden *SS* rotirt, so wird immer nur, wenn Schlitz auf Schlitz steht, die Bildscheibe mit allen ihren Bildern auf ganz kurze Zeit beleuchtet. Da aber 20 Schlitze zu gleicher Zeit frei werden, so ist auch die Lichtmenge eine nicht unbedeutende und die Projectionslinse L_2 entwirft ein helles vergrössertes Bild der gesammten Bildscheibe, deren Bilder alle zu gleicher Zeit sich bewegen.

Ich möchte die eben beschriebene Methode, intermittirendes Licht zu erzeugen allen Experimentatoren empfehlen. Alle anderen mir bekannten Methoden geben lange nicht so viel Licht und lassen auch nicht so mannigfache Modifikationen zu, wie die oben beschriebene. Mit ihr kann man beispielsweise verschiedenfarbige, verschieden starke und verschieden lang dauernde Lichtblitze auf einander folgen lassen. Lässt man gar beide Schlitzscheiben mit Räderwerk gegeneinander laufen, so sind noch weitere Modifikationen möglich, auf die hier nur flüchtig hingewiesen sein möge.

Der Apparat, dessen ich mich zu den jetzt zu schildernden Versuchen bediente, war ausserordentlich viel einfacher, er war im Wesentlichen der Phorolyt von Purkinje[1]), nur in etwas verbesserter Form. Die Schlitz- oder Blickscheibe, 29,5 cm gross, bestand aus dickem, geschwärztem Messingblech und hatte 20 gleichabständige Schlitze, die durchweg 1,5 mm breit waren; die kleinere[2]) Bildscheibe (Durchmesser = 17 cm) war 35 cm von der ersten entfernt. Ihre gemeinschaftliche Axe ruhte nahe ihren Enden auf

---

1) Verhandl. der Schles. Gesellsch. für vaterl. Cultur 1841, S. 63.

2) Es empfiehlt sich die Bildscheibe stets kleiner zu nehmen, weil dann die Bilder schärfer werden. Stehen nämlich die Bilder dem Auge gerade gegenüber, so werden sie verwaschen, weil sie zu lange Zeit gesehen werden. Es ist daher im Allgemeinen zweckmässig immer die gekreuzten Bilder (also die unteren, wenn man durch einen oberen Schlitz sieht) sich zu betrachten. Diese erscheinen dann am schärfsten.

zwei Axenlagern und konnte durch eine auf ihr steckende kleine Rolle vermittelst eines Schnurlaufes in beliebig schnelle Drehung versetzt werden. Der ganze Apparat stand auf einem festen Fusse. Zur Beobachtung der gleich zu beschreibenden Versuche genügen übrigens die einfachsten Vorrichtungen, die man sich in kürzester Zeit aus zwei Pappscheiben, welche sich auf einer gemeinschaftlichen Axe drehen, herrichten kann[1]).

Der erste hier mitzutheilende Versuch betrifft die Mischung von Farben. Ist z. B. die Zahl der Schlitze doppelt so gross als die der Bilder, so erscheinen natürlich immer so viel Bilder als Schlitze sind. Die Bilder aber sind matter, weil sich die Farbe des Grundes mit den Farben der Bilder mischt, indem dem Auge einmal das Bild und sofort darauf der Grund der Bildscheibe dargeboten wird. Nur Stampfer (l. c. S. 253) hat meines Wissens auf diese Erscheinung hingewiesen. Man kann sie natürlich wie einen Farbenkreisel zur methodischen Mischung einer oder mehreren Farben verwenden.

Sei beispielsweise der Grund der Bildscheibe blau und klebt man auf sie mehrere concentrische Reihen gelber gleichabständiger Punkte, in die äusserste Reihe etwa 20, in die mittlere 10, in die innerste 5, so sieht man beim Drehen der Scheiben drei concentrische Reihen von je 20 feststehenden Punkten. Die äussersten sind gelb; die mittleren sind grau, aus gleichen Theilen blau und gelb gemischt; die innersten sind blaugrau, aus 3 Theilen blau und einem Theil gelb gemischt. Es versteht sich von selbst, dass man jede beliebige kleinere Zahl als 20 für die aufzuklebenden Punkte verwenden kann; nur muss man die Punkte stets an solche Stellen kleben, wo die Zwanzigerpunkte sitzen und bestimmte Stellen von den Zwanzigerpunkten frei lassen, also beispielsweise 19 Punkte hintereinander auf die gleichabständigen Punkte 1 bis 19 kleben und Punkt 20 frei lassen. Ist die Umdrehungsgeschwindigkeit der Scheiben gross genug, so erscheint, wenn man etwa 20 Punkte aussen und 19 Punkte innen aufgeklebt hat, der innere

---

1) Herr Mechaniker E. Albrecht hier fertigt derartige einfache Stroboskope mit farbigen Einsätzen und einigen Bildscheiben für etwa 10 Mk. an. Der grössere Apparat mit Messingscheibe und Trieb kostet 38 Mk.

Kranz von scheinbar 20 Punkten in ein wenig anderem Farbenton, als der äussere von natürlich auch 20 Punkten.

Es lassen sich also auf diese Weise zwei Farben in den verschiedensten Verhältnissen und natürlich auch mehr als zwei Farben (im vorliegenden Falle bis 20) in mannigfachen Combinationen mit einander mischen auf Grund desselben Prinzips, das auch beim Farbenkreisel Verwendung findet. Sind die Schlitze verschieden breit, so sind noch weitere Combinationen möglich.

Ein zweiter Versuch mit der Wunderscheibe betrifft den farbigen Contrast. Man hat an der Blickscheibe — eine gerade Anzahl von Schlitzen vorausgesetzt — nur eine kleine Veränderung anzubringen, nämlich jeden zweiten Schlitz mit einem bunten Glas zu verdecken oder was sich noch bequemer machen lässt, mit einem bunten Gelatineplättchen zu überkleben. Das Auge sieht also beim Drehen der Scheibe in schellem Wechsel bald durch einen bunten, bald durch einen freien Schlitz. Es ist zweckmässig, die Spalten nicht ganz mit den farbigen Gläsern zu bedecken, sondern einen Theil der Spalten, etwa das äussere Viertel oder Drittel frei zu lassen, so dass man die Wunderscheibe ohne bunte Spalten sofort durch eine geringe Bewegung des Auges in eine solche mit bunten Spalten verwandeln kann.

Ist die Zahl der Bilder auf der Bildscheibe gleich der aller Schlitze, in vorliegendem Fall also 20, so sieht man nichts Besonsonderes. Die ganze Bildscheibe ist eben ungefähr mit dem Farbenton übergossen, den die bunten Gläser oder Gelatineplättchen aufweisen. Ist aber die Zahl der Bilder halb so gross, als die aller Schlitze, so sind die 20 Bilder wechselweise verschieden gefärbt, nämlich 10 nahezu in der Farbe der bunten Gläser, die 10 anderen entweder gar nicht oder in deutlicher Contrastfarbe, die, wenn die bunten Gläser hell genommen werden, ausserordentlich schön und geradezu überraschend ins Auge fällt.

Bleiben wir zunächst bei dem ersten Fall stehen. Von den 20 Schlitzen der Blickscheibe sei je der zweite mit einem rothen Glas verdeckt. Die Bildscheibe sei schwarz und zeige 20 weisse Punkte (beziehungsweise kleine Kreise) in einem äusseren, 10 weisse

Punkte in einem inneren Kreise. Die 10 weissen Punkte der inneren Reihe stehen ausserdem den mit rothem Glas bedeckten Schlitzen gerade gegenüber, so dass, wenn man die Scheiben ganz langsam dreht, und mit einem Auge durch den gerade senkrecht nach oben stehenden Schlitz über die Axe hinweg nach der Bildscheibe visirt, einem rothen Schlitz gerade immer ein weisser Punkt der inneren Reihe gegenübersteht. Sieht man durch den freien Schlitz, so steht diesem gar kein weisser Punkt gegenüber, derselbe ist vielmehr — bei Drehung der Scheiben nach rechts — ein wenig nach rechts gewandert. Dort sieht ihn das Auge. Diesem gerade gegenüber aber ist die freie schwarze Fläche der Bildscheibe. Dreht man nun schnell, so wird dem Auge in raschem Wechsel dargeboten ein rother Punkt, der ihm gerade gegenüber liegt, und gleich darauf ein weisser, der etwas seitlich liegt. Es sieht also, da das von dem einen Punkt Gesagte von allen zehn gilt, einen Kranz von 20 Punkten, die wechselsweise roth und weiss sind und zwar liegen die rothen Punkte den rothen Schlitzen gegenüber, wie man ohne Weiteres sehen kann, wenn man während des oben beschriebenen Visirens, ohne das Auge zu verrücken, die Scheiben schnell dreht. Die weissen Punkte aber liegen den freien Schlitzen gegenüber. Selbstverständlich ist sowohl das Roth, wie das Weiss nicht so intensiv, als wenn es durch die ruhenden Schlitze beobachtet wird; denn beiden mischt sich ja in gleichem Maasse das Schwarz des Grundes bei. Wir sehen also, genau genommen, dunkelrothe und graue Punkte.

Dass die 20 äusseren Punkte alle gleich, nämlich röthlich weiss erscheinen in Folge der Mischung von Roth und Weiss, braucht wohl kaum erst bemerkt zu werden. Der Versuch bietet so nichts weiter Bemerkenswerthes, jedenfalls keine Contrasterscheinung dar. Letztere aber tritt sofort auf, oder kann auftreten, wenn die beiden Punktreihen nahe aneinander sind und sich berühren. Dann erscheinen bei bestimmten Intensitätsverhältnissen die grauen Punkte der einen Reihe (sie können natürlich auch aussen stehen) deutlich grünlich im Vergleich mit den viel helleren der anderen Reihe. Die hellen (20) Punkte sind gemischt aus Roth und Weiss, die dunklen aus der Zehnerreihe aus Schwarz und Weiss. Man hat also hier in anderer Form den hübschen Contrastversuch vor sich, wie er sich z. B. in der physiologischen

Optik von Helmholtz 1892 S. 544 etwa folgendermaassen beschrieben findet. Eine weisse Scheibe trägt vier schmale farbige Sectoren, die aber in mittlerer Entfernung vom Mittelpunkte durch einen aus Schwarz und Weiss zusammengesetzten Streifen unterbrochen sind, „so dass beim Umdrehen eigentlich ein grauer ringförmiger Streifen auf schwach gefärbtem weisslichen Grunde entstehen sollte. Dieser Ring aber sieht nicht grau, sondern complementär gefärbt aus und zwar am intensivsten, wenn er gleiche oder etwas geringere Helligkeit als der Grund hat." Dieselben Verhältnisse gelten auch bei unserm Versuch.

Viel schöner und geradezu überraschend aber ist der folgende Versuch, der in gewissem Sinne die Umkehrung des vorigen darstellt. Der Blickscheibe mit ihren 10 freien und 10 bunten (rothen) Schlitzen steht die Bildscheibe gegenüber, die aber jetzt einen Kreis von 20 schwarzen und einen von 10 schwarzen Punkten auf weissem Grunde zeigt.

Die 20 schwarzen Punkte sehen beim schnellen Drehen natürlich schwarz aus; der Grund der Scheibe je nach der Art der rothen Gläser roth, röthlich weiss oder nahezu ganz weiss.

Die 10 schwarzen Punkte dagegen präsentiren sich als 20 schön gefärbte Punkte; 10 von ihnen sind rothbraun, die 10 anderen schön grün und zwar wie selbstverständlich wechselsweise einer grün, der nächste braun, der dritte wieder grün u. s. w.

Die Ursache dieser schönen Contrasterscheinung ist folgende. Wir nehmen an, die 10 schwarzen Punkte stehen genau gegenüber den 10 rothen Schlitzen, so erscheinen diese beim Drehen nicht in der Farbe der Schlitze wie beim vorigen Versuch, sondern in der Complementärfarbe, die andern aber in der Farbe oder wenigstens nahezu in der Farbe der Schlitze. Wir nehmen weiter des leichteren Verständnisses und der einfacheren Darstellung halber an, es handle sich nicht um 20, sondern nur um 4 Schlitze in der Blickscheibe und um 2 Punkte auf der Bildscheibe, wie umstehende Figur schematisch es darstellt.

Die beiden vertikal stehenden Spalten der Blickscheibe *SS* (siehe Fig. 3) seien mit rothem Glas, welches schraffirt gezeichnet ist, verdeckt, die horizontalen seien frei. Den ersteren gegenüber stehen die Punkte P und P_1 der Bildscheibe. Das Auge sieht hiernach Folgendes in raschem Wechsel. Durch die rothen Schlitze

erscheint die ganze Bildscheibe roth (schraffirt gezeichnet), die oben und unten stehenden Punkte v und v_1 schwarz. (Siehe Fig. 3, I.) Durch die freien Schlitze, wenn sich die Scheiben um einen rech-

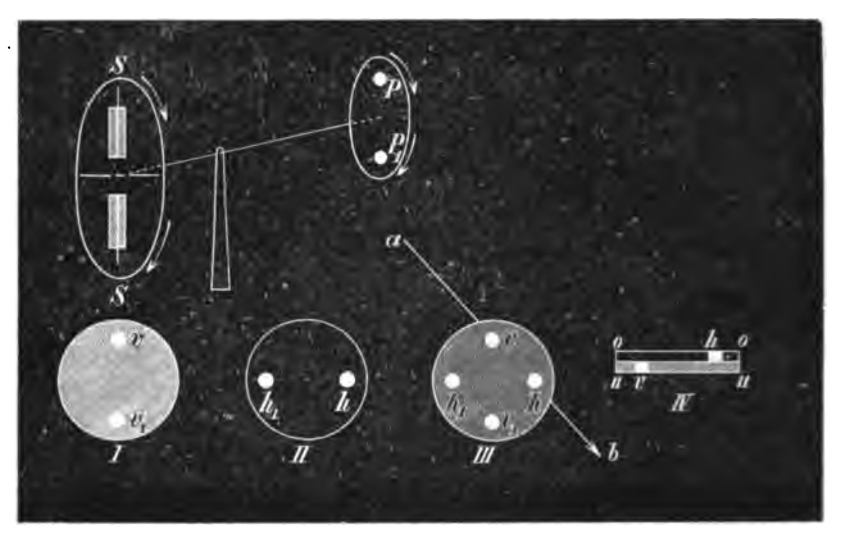


Fig. 3.

ten Winkel gedreht haben (und das Auge wie immer natürlich seinen Standpunkt behalten hat), die Scheibe weiss und die beiden schwarzen Punkte h und h_1 links und rechts. (Siehe Fig. 3, II.) Indem sich nun bei schnellem Drehen das Bild von I auf oder über das von II legt, sieht man Fig. 3, III. Der Grund ist schwach, oft kaum merkbar röthlich, die verticalen Punkte sind grün, die horizontalen rothbraun aus nahezu demselben Grunde, aus welchem die schönen Contrastfarben bei den sogenannten farbigen Schatten zu Stande kommen.

Denken wir uns nämlich durch die beiden übereinandergelegten Scheiben I und II und zwar in der Richtung *ab* einen Schnitt gelegt, so würde etwa Fig. 3 IV entstehen. Die untere Scheibe *uu* sendet überall rothes Licht aus (schraffirt gezeichnet) mit Ausnahme des Fleckes v, der schwarz ist. Die obere Scheibe *oo* sendet überall weisses Licht aus mit Ausnahme des Fleckes h, der ebenfalls schwarz ist. Der Grund der Scheibe ist also roth + weiss, der Fleck v schwarz + weiss, der Fleck h schwarz + roth. Ganz dieselben Verhältnisse würden obwalten, wenn man in be-

kannter Weise vor eine weisse Platte zwei Lichter und einen Stab stellte und vor ein Licht ein rothes Glas hielt. *v* repräsentirt den Schatten des Stabes vom rothen Licht, er enthält kein Roth. *h* den Schatten des farblosen weissen Lichtes, er enthält kein Weiss. Der ganze Grund aber wird von beiden Lichtern beschienen. *h* erscheint bekanntlich in der Farbe des Glases roth, *v* in der complementären grün.

Ein dritter ungemein überraschender Versuch mit der Wunderscheibe, den ich als einen mehr psychologischen als physiologischen bezeichnen möchte, besteht darin, dass das Auge etwas sieht, was es streng genommen nicht sehen kann. Ich will ihn kurz beschreiben, so wie ich ihn zuerst gesehen.

Eine im Institut befindliche Wunderscheibe stellte dar, wie ein Knabe über einen anderen „Bock springt“. Die Figuren sind schwarz auf weissem Grunde. Wenn man nun, nachdem man sich mit der Blickscheibe die scheinbare Bewegung der Figuren angeschaut hat, die Bilder derjenigen Knaben, welche gerade über den andern schweben, mit weissem Papier verklebt, so dass man also nur den Absprung und den Niedersprung in einigen Phasen vor sich hat, so schwört man doch darauf, zu sehen, wie der eine Knabe über den andern hinüberfliegt. Man sieht ihn auf das deutlichste hinüberfliegen. Das geistige Auge ergänzt also eine Bewegung, von der das leibliche Auge nur den Anfang und das Ende sieht, zu einer vollkommenen Bewegung. Ja es thut dies, wie ich bemerke, auch dann, wenn dieses nur den Anfang der Bewegung sieht.

Wer sich irgendwie mit Zauberkunststücken abgiebt, die immer sehr lehrreich sind, wenn sie auch nur zeigen, wie plump oft die Täuschungen sind, denen man zum Opfer fallen kann, der wird wissen, dass eine Menge von Zauberkunststücken, namentlich das Verschwindenlassen von eben gesehenen Gegenständen darauf beruht, dass man durch zweckmässige Bewegung den Zuschauer zwingt einen Gegenstand da zu sehen, wo er eben nicht ist. Hat man z. B. einen Gegenstand einige Male hintereinander in die Luft geworfen, so sehen die meisten Leute den Gegenstand wieder in die Luft fliegen, sobald man nur die Bewegung des Werfens mit allen

dazu nöthigen Gesten macht, den Gegenstand aber ruhig in der Hand behält.

Die Wunderscheibe bietet ein bequemes Mittel experimentell festzustellen, bis zu welchem Grade und unter welchen Umständen derartige optische psychologische Täuschungen von einem positiven Erfolg begleitet sind. Einer wie mannigfachen rein physiologischen beziehungsweise physikalischen Verwendung unser Apparat fähig ist, darauf sei zum Schluss noch flüchtig hingewiesen, indem ich nur an die schönen „optisch-akustischen Versuche" von Mach, Prag 1873, sowie an die Anwendung des stroboskopischen Princips von Hermann und Matthias[1]) auf physiologisch-elektrischem Gebiete erinnere.

---

1) Dieses Archiv Bd. 53, S. 70.

(Aus dem thierphysiologischen Laboratorium der landwirthschaftlichen Hochschule zu Berlin.)

Eine neue Methode zur Messung der circulirenden Blutmenge und der Arbeit des Herzens.

Vorläufige Mittheilung.

Von

N. Zuntz.

Die bisher bekannten Methoden zur Messung der vom Herzen in die Aorta ausgeworfenen Blutmengen sind theils sehr ungenau, theils so schwierig in der Ausführung, dass eine grössere Anzahl Bestimmungen mit ihrer Hülfe nicht gemacht worden ist. Das letztere gilt namentlich von der Methode der Berechnung dieses Werthes aus dem Unterschied des Gehaltes des arteriellen und venösen Blutes und der gleichzeitigen Bestimmung der Sauerstoffaufnahme und der Kohlensäureausscheidung des Körpers.

Diese an sich tadellose, von Fick zuerst vorgeschlagene Methode ist nur in einer kleinen Versuchsreihe von Gréhant und Quincaud am Hunde und in einer bis jetzt nur theilweise publicirten Untersuchung von Hagemann und mir am Pferde zur Anwendung gekommen.

Meine neue Methode beruht auf folgender Erwägung. Der Blutdruck in der Aorta wird bestimmt durch die Summe der mit der wechselnden Innervirung der Gefässmuskeln variirenden Widerstände, und durch die Blutmenge, welche das Herz in der Zeiteinheit in die Aorta einpresst. Wenn die Thätigkeit des Herzens plötzlich aufhört, kann man den Blutdruck dadurch auf seiner normalen Höhe erhalten, dass man auf irgend einem Wege der Aorta ebenso viel Blut zuführt, wie sie vorher vom Herzen erhielt. Man wird also die vom Herzen gelieferte Blutmenge durch diejenige messen können, welche man nach seiner Stillstellung in die Aorta

injiciren muss, damit die manometrisch gemessene Spannung auf ihrer vorigen Höhe bleibt.

Die Ausführung des durch diese Erwägung vorgezeichneten Versuchs gestaltet sich folgendermaassen: Vorübergehender Stillstand des Herzens wird in bekannter Weise durch Vagusreizung erzielt. Man weiss, dass nach dieser Einwirkung der Blutdruck rapide auf einen minimalen Werth herabsinkt, und dass dieses Sinken in dem Momente beginnt, in dem die zu erwartende Systole unterdrückt wurde. Der Blutdruck wird durch ein mit der Schenkelarterie des Versuchsthieres unterhalb des Abgangs der Arteria profunda verbundenes Quecksilbermanometer angezeigt. In den freien Schenkel dieses Manometers ist ein Platindraht eingeführt, welcher in jeder beliebigen Tiefe fixirt werden kann, und welchen man unmittelbar vor Ausführung des messenden Versuchs so einstellt, dass er bei dem grade herrschenden mittleren Blutdruck mit der Kuppe des Quecksilbers in Contakt tritt. In Folge dessen findet, so lange die normale Herzarbeit dauert, beim Steigen der Pulswelle ein Contakt, beim Sinken eine Unterbrechung statt.

Der Platindraht und die Quecksilbersäule gehören einem von 3 kräftigen Bunsenelementen gespeisten Stromkreis an, in welchem ausserdem ein starker Elektromagnet sich befindet. Der Anker desselben ist mit einem Hebel verbunden, welcher einen Gummischlauch zudrückt, sobald er angezogen wird, und dessen Lumen freigiebt, wenn er von dem Magneten losgelassen wird. Dieser Schlauch führt von einer mit Blut gefüllten, auf Körpertemperatur erwärmten Bürette auf kürzestem Wege durch eine möglichst weite Canüle in das centrale Ende der Carotis des Versuchsthieres. Die Bürette ist oben geschlossen und mit einem Druckgefäss verbunden, welches komprimirte Luft unter einem Ueberdruck von 300 mm Quecksilber enthält. Es wird daher, wenn die Leitung zwischen Bürette und Arterie offen ist, das Blut mit grosser Vehemenz in das Aortensystem des Thieres eingepresst. Man lässt den Strom des Blutes in dem Moment beginnen, in welchem das Manometer in Folge der eingeleiteten Vagusreizung zu sinken beginnt. Wenn dann das Manometer den vorher herrschenden Mitteldruck, auf welchen der Contakt eingestellt ist, übersteigt, tritt der Elektromagnet in Thätigkeit und sperrt den Blutzufluss so lange ab, bis der Druck wieder ein wenig unter jenen Werth herabgesunken ist. In dieser Weise findet ein rhythmisches Einströmen der zur Erhaltung des

mittleren Druckes nöthigen Blutmenge in die Aorta statt. Nach 5—15 Sekunden wird der Versuch durch Absperrung der Bürette und durch Unterbrechung der Vagusreizung beendigt. Die Dauer desselben wird mit Hülfe einer $^1/_8$ Sekunden markirenden Uhr möglichst scharf bestimmt und die eingeströmte Blutmenge nachträglich an der Bürette abgelesen.

Zuweilen reicht der Injektionsdruck nicht aus, um den Aortendruck auf seiner normalen Höhe zu erhalten. Dann ist der gefundene Werth natürlich zu klein. Ebenso beobachtet man Minimalwerthe, wenn die Vagusreizung nicht stark genug war und in Folge dessen ein Herzschlag, der sich stets deutlich am Manometer markirt, während des Versuches stattfand. Wenn man den Versuch nicht zu lange dauern lässt, erreicht die stärkere Füllung des Venensystems keinen so hohen Grad, um das Versuchsergebniss zu beeinträchtigen. Wenn man aber eine solche Beeinträchtigung fürchtet, kann man während des Versuchs durch eine von der Jugularvene bis in die obere Hohlvene vorgeschobene Canüle annähernd so viel Blut ausfliessen lassen, wie gleichzeitig aus der Bürette ins Arteriensystem einfliesst. Als Beispiel für die Versuche diene die folgende Tabelle, welche die an einem männlichen 4850 gr schweren, mit 0,02 gr Morphium narkotisirten Hunde vorgenommenen Messungen enthält.

Nr.	Zeit	vorher		Einströmung		Strömung p. Min.	Strömung p. Systole	Volum des vorhergehenden Aderlasses ccm
		Blutdruck	Pulse p. Min.	Zeit (Sek.)	Volumen ccm			
1	1 h 41	82	100	$10\frac{3}{4}$	29	162	1,62	0
2	45	132	84	$7\frac{1}{2}$	69,5	556	6,62	0
3	2 h 15	172	80	$12\frac{1}{4}$	77	377	4,71 <	0
4	30	132	100	7,4	98	795	7,95 <	118
5	45	81	113	13,8	69	300	2,66	0
6	53	82	106	15,0	101	404	3,81	29
7	3 h 0	81	80	16,6	91	329	4,11	50
8	6	90	100	16,6	100	362	3,62 <	64
9	12	87	92	12,0	75,5	377,5	4,10	76
10	18	103	112	7,2	49,5	512,5	3,68	55,5
11	27	107	92	11,0	93	507	5,51 <	43,5
12	36	122	100	11,0	85,5	466	4,66	20,0
13	42	82	?	12,0	65	325	— <	59,5
14	53	87	92	11,0	67	365,5	3,96	72,0
15	57	107	108	10,0	93	558	5,17 <	0

Die mit < bezeichneten Messungen sind zu klein ausgefallen.

Bei Nr. 1, 2 und 3 diente das mit seinem gleichen Volumen physio-

logischer Kochsalzlösung gemischte Blut eines gestern getödteten Hundes zur Injection.

Nr. 3 ist ein Minimalwerth, da das Manometer in den letzten 3 Secunden nicht mehr die normale Höhe erreichte.

Bei Nr. 4 wurde ein Theil des vorher durch Aderlass gewonnenen eigenen Blutes, gemischt mit 12 ccm einer 10% Lösung von Witte's Pepton injicirt. In diesem Versuche wurde trotz des vorangegangenen Aderlasses die grösste Stromgeschwindigkeit beobachtet: das Pepton scheint sehr prompt eine Erweiterung der kleinen Arterien zu bewirken. Der Versuch giebt einen Minimalwerth, aus demselben Grunde wie Nr. 3.

Nr. 5 ist ein sehr guter Versuch, da der Electromagnet bis zum Schluss fast im Tempo der Pulse das Einströmen unterbrach, injicirt wurde defibrinirtes Blut und 0,7 % Kochsalzlösung zu gleichen Theilen.

Nr. 6. Das eben entleerte durch die Peptoninjection an der Gerinnung verhinderte Blut diente mit etwas mehr als der gleichen Menge physiologischer Kochsalzlösung zur Injection. In gleicher Weise wurde in allen folgenden Versuchen verfahren, bei denen also der Blutvorrath des Thieres keine erheblichen Veränderungen mehr erfuhr.

Nr. 8 ist Minimalwerth, da gegen Ende des Versuchs eine allerdings rudimentäre Systole erfolgte.

Nr. 11 ist Minimalwerth, da zum Schluss der Blutdruck um etwa 15 mm absank, während im Anfang der Electromagnet mehrmals thätig war. — Der Widerstand gegen das Einströmen muss daher während des Versuchs geringer geworden sein; während der untere Theil der Bürette reines Blut enthielt, war dasselbe im oberen mit Kochsalzlösung stark verdünnt. Die weniger zähe Flüssigkeit floss offenbar leichter durch die Capillaren ab.

Nr. 12 ist ebenfalls Minimalwerth, gegen Schluss des Versuches sank wiederum der Blutdruck; die Ursache ist wahrscheinlich die gleiche wie im vorigen Versuche.

Nr. 13. In der letzten Secunde geringes Absinken des Druckes; der Werth ist nur sehr wenig zu klein. In diesem Falle hatte das injicirte Blut eine Temperatur von 49° C. — Die hohe Temperatur scheint die Strömung nicht erheblich zu beeinflussen.

Nr. 15. Die Bürette enthielt physiologische Kochsalzlösung mit nur wenig Blut.

Unter Umständen wird man eine graphische Controle des Versuches wünschen. Die hierzu geeigneten Vorrichtungen, welche auf mehrfache Art angeordnet werden können, sollen später beschrieben werden. — Die Berechnung der Herzarbeit aus der ausgeworfenen Blutmenge, der Stromgeschwindigkeit und dem Blutdrucke erfolgt in bekannter Weise.

Ueber eine einfache Methode, zwei oder mehr zusammengewachsene Embryonen aus einem Ei hervorzubringen.

Von

Jacques Loeb,
University of Chicago.

(Hierzu 4 Holzschnitte.)

Bei dem Versuch, meine Arbeiten über Heteromorphose auf den Embryo auszudehnen, habe ich eine einfache Methode gefunden, um zwei oder mehr zusammengewachsene Embryonen aus einem Ei nach Belieben hervorzubringen. Meine Versuche sind an Seeigeleiern angestellt, sie werden sich aber mit ebenso grosser Sicherheit an jedem anderen holoblastischen Ei ausführen lassen. Ich brachte Eier von Arbacio, die in normalem Seewasser künstlich befruchtet waren, 10 Minuten nach der Befruchtung in Seewasser, dem 100 % seines Volumens destillirtes Wasser zugefügt war. In dem verdünnten Seewasser nahm das Ei so reichlich Wasser auf, dass die Membran platzte und ein Theil des Protoplasmas ausfloss. Das Ei bestand nun aus zwei zusammenhängenden Protoplasmakugeln (P und P_1 Fig. 1), da in Folge der Oberflächenspannung der ausgetretenen Protoplasmatropfen, wie der in der Membran gebliebene sphärische Form annehmen. Da um diese Zeit die Furchung noch nicht begonnen hatte, so enthielt nur einer der beiden Tropfen einen Kern (s. Fig. 1). Das Merkwürdige war nun, dass, wenn ich diese Eier nach einiger Zeit in normales Seewasser zurückbrachte, jeder der beiden Protoplasmatropfen sich zu einem völlig normalen und vollkommenen Embryo entwickelte.

In vielen Fällen blieben diese Embryonen zusammengewachsen, häufiger jedoch ging im Laufe der frühen Entwickelung (etwa im Morula- und Blastulastadium) der eine Embryo zu Grunde und endlich wurden viele Doppelt-Embryonen durch die heftigen Bewegungen im Blastula- und Gastrulastadium allmählich von einander getrennt, um dann einzeln sich normal weiter zu entwickeln.

Auf diese Weise entstanden also zusammengewachsene oder getrennte Zwillinge aus einem Ei. Es kam jedoch häufig vor, dass ein wiederholtes Ausfliessen von Protoplasma stattfand und drei oder mehr zusammenhängende Tropfen von Protoplasma aus einem Ei gebildet wurden. In einer keineswegs kleinen Zahl von Fällen erhielt ich alsdann zusammengewachsene Drillinge und Vierfachbildungen. Ich vermuthe jedoch, dass im Gastrulastadium viele von diesen Vielfachembryonen durch die lebhafte Bewegung getrennt wurden, da Drillinge im Pluteusstadium schon relativ selten waren. Dagegen war es ein leichtes, Doppeltplutei in grösserer Zahl zu erhalten. Alle diese Doppelt- und Dreifachplutei lebten eben so lange (etwa 2 Wochen) und waren ebenso munter und ebenso vollkommen in ihrer Form, wie die aus normalen Eiern hervorgehenden Plutei.



Fig. 1. Geborstenes Ei mit Extraovat. (Halbschematisch.) *M* Membran; *n* Kern; P_1 der ausgeflossene Theil des Protoplasmas (Extraovat.); *P* das im Ei gebliebene Protoplasma.

2. Wie ich erwähnte, waren die Eier vor Beginn der Furchung in die verdünnte Lösung gebracht und da um diese Zeit nur ein Kern vorhanden war, so konnte nur einer der beiden Protoplasmatropfen einen Kern erhalten. Nichtsdestoweniger entwickelten sich beide Tropfen jeder zu einem vollkommenen Embryo. Wie erhielt der anfänglich kernfreie Protoplasmatropfen seinen Kern? Das geschah in sehr einfacher Weise im Verlauf der Furchung. In dem um 100 % verdünnten Seewasser trat keine Furchung ein, allein sobald ich die Eier in normales Seewasser zurückbrachte, begann die Furchung. Die erste Furchungsebene stand senkrecht auf dem gemeinsamen Durchmesser der beiden Kugeln (Fig. 2), dann theilte sich die Furchungskugel I in normaler Weise (Fig. 3) und endlich trat eine Furchungsebene im Extraovat auf (Figur 4).

Auf diese Weise wird der Kern vertheilt. Die weitere Entwicklung ist einfach. Unter Beibehaltung der äusseren Form einer Doppelkugel zerfallen beide Theile in kleinere Zellen. Jede der beiden Kugeln bildet eine Furchungshöhle, die in besonderen Fällen communiciren können, während sie es in der Regel nicht thun. Dann bilden sich Gastrulae und Plutei. Ich will besonders

betonen, dass beide Embryonen sich von vornherein als ganze Morulae und Blastulae entwickeln und dass keinerlei Halbbildung

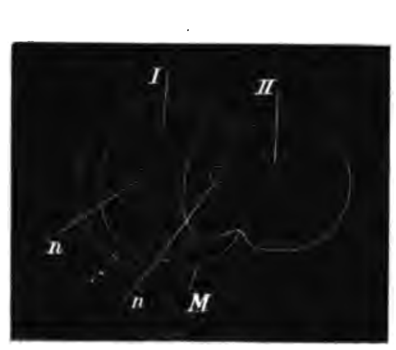


Fig. 2.



Fig. 3.

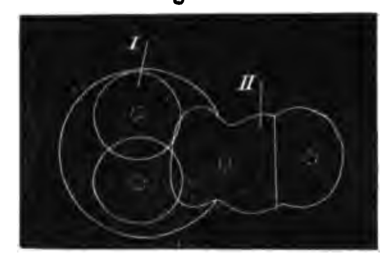


Fig. 4.

Darstellung der Furchung von Eiern mit Extraovat.

in die Erscheinung tritt. Mit anderen Worten, die Entwicklung verläuft so, als ob 2 unabhängige Eier neben einander gelegt oder verklebt wären, und jedes ganz unabhängig vom anderen sich furchte und entwickelte. Jedoch ist die protoplasmatische Verbindung beider Doppeltembryonen in unserem Versuche etwas anderes, als ein Zusammenkleben von 2 Eiern, wie häufige Verwachsungen der Skeletttheile beider Plutei zeigen.

3. Ich habe die gleichen Versuche mit Eiern in verschiedenen Furchungsstadien angestellt. Es fliesst auch hier jedesmal das Protoplasma so aus, dass die Zellen in Zusammenhang bleiben und eine Doppelkugel entsteht. Ich erhielt stets dieselben Resultate, nämlich Doppelt- resp. Mehrfachembryonen. Nur bei weit entwickelten Eiern, z. B. solchen, die im 64. Zellstadium gesprengt wurden, erhielt ich meist etwas anderes, nämlich abnorme Skelettbildungen. Doch erhielt ich auch hier gelegentlich wirkliche siamesische Zwillinge.

4. Was die theoretische Bedeutung dieser Versuche betrifft, so scheint mir folgendes festzustehen. Da das Bersten der Membran und das Ausfliessen ein rein mechanischer durch osmotische Kräfte bedingter Vorgang ist, so ist kein Grund vorhanden, anzu-

nehmen, dass jedes Mal qualitativ und quantitiv derselbe Bestandtheil des Protoplasmas austritt. Das Gegentheil ist nach der directen Beobachtung das viel gewissere. Nichtsdestoweniger entwickelt sich das Extraovat zu einem völligen Embryo. Es folgt daraus, dass jeder Theil des Protoplasmas einen Embryo bilden kann. Was den Kern betrifft, so erhalten die beiden Halbkugeln ganz ungleiche Bestandtheile von Kernsubstanz. Nichtsdestoweniger entwickeln sie sich völlig gleichmässig zu gleichen Embryonen, was auf anderem Wege schon Driesch gezeigt hat. Drittens zeigen meine Versuche, dass die Zahl der aus einem Ei hervorgehenden Embryonen bestimmt ist durch die geometrische Form, die man dem Protoplasma giebt, insofern als aus mechanischen Gründen jede völlig oder nahezu isolirte Protoplasmakugel (resp. Ellipsoid) eine besondere Blastula bestimmt, die Zahl der Blastulae aber massgebend ist für die Zahl der Embryonen. So erhielt ich im verflossenen Jahre auch gelegentlich Doppeltembryonen in einem normalen Ei, wenn ich dasselbe im Zweizellenstadium für einige Zeit in etwas concentrirteres Seewasser brachte, in welchem es nicht weiter segmentiren konnte. Wenn ich dann solche Eier in normales Seewasser zurückbrachte, zerfiel jede Halbkugel in mehrere Zellen auf einmal. Diese Zellen einer Halbkugel adhärirten wohl unter einander, aber nicht mit den Zellen der anderen Halbkugel und so war eine Isolirung der beiden Halbkugeln erreicht. Ich erhielt doppelte Blastulae in einem Ei. Die Methode verdient weiter ausgearbeitet zu werden. Herbst beobachtete anscheinend ähnliches bei Eiern, die er in Salzlösungen von qualitativ abnormer Zusammensetzung züchtete. So erklären sich auch die Versuche von Driesch, der bekanntlich fand, dass, wenn man im 4. Zellenstadium die einzelnen Furchungskugeln isolirt, jede sich zu einem völlig normalen Embryo entwickeln kann. Selbstverständlich wird, wenn die Masse der Protoplasmakugel zu klein wird, die Bildung einer Blastula schon aus geometrischen Gründen unmöglich, da wahrscheinlich die Grösse der Zellen bei der Furchung nicht unter ein gewisses Minimalvolumen herunter geht. Obwohl nun aber diese Versuche keinen Zweifel übrig lassen, dass aus jedem Theil des Protoplasmas und aus jedem Theil des Kerns gleicherweise ein Embryo entstehen kann, sobald diese Theile bis zu einem gewissen Grade isolirt sind und eine sphärische oder ellipsoide Form annehmen können,

so bleibt doch die Thatsache bestehen, dass in vielen Eiern anscheinend Umstände vorhanden sind, welche die Lage der Medianebene des Embryo und dann die weitere Orientirung der Theile bestimmen. Diese Umstände können aber rein äusserlicher Natur sein und lediglich abhängen von der Masse und Vertheilung des Nahrungsdotters, der Lage der Micropyle und ähnlichen für die eigentliche Organbildung nebensächlichen Umständen. Dagegen scheinen meine Versuche nicht in Einklang zu stehen mit der Annahme, dass jeder Theil des Eis nur einem ganz bestimmten Theil des Embryo den Ursprung geben könne.

5. Wir müssen die Frage aufwerfen, ob die Bildung von Zwillings- und Doppeltbildungen bei Säugethieren auf ähnliche Weise zu Stande kommen kann wie in diesen Versuchen. Driesch isolirte einzelne Furchungskugeln, indem er die Membran durch Schütteln sprengte. Es ist wohl ausgeschlossen, dass im Eileiter eines Säugethieres auf diesem Wege ein Ei gesprengt wird. Dagegen wäre es wohl möglich, dass das Schema meiner Versuche dem natürlichen Vorgang bei der Zwillingsbildung entspräche. Ich habe nämlich gefunden, dass von dem Augenblick des Eindringens des Spermatozoons in das Ei der osmotische Druck im Ei erheblich steigt. Bringt man unbefruchtete Eier in verdünntes Seewasser, so nimmt deren Volum nur relativ wenig zu. Sobald aber ein Spermatozoon in das Ei eintritt oder, wenn man ein eben befruchtetes Ei in dieselbe Salzlösung bringt, nimmt sein Volum ganz auffallend zu, wie ich durch Messungen feststellte. Die Thatsache zeigt, dass das Spermatozoon im Ei erhebliche chemische Umsetzungen herbeiführt, die eine Zunahme des osmotischen Drucks bedingen. Auf diesen Punkt werde ich bei der ausführlichen Schilderung der Versuche zurückkommen.

Es bestehen nun in osmotischer Beziehung grosse Verschiedenheiten zwischen den Eiern eines und desselben Individuums und schon bei sehr geringer Verdünnung des Seewassers pflegte ein kleiner Prozentsatz der Seeigeleier zu bersten, und ich zweifle nicht, dass das auch wohl gelegentlich in normalem Seewasser stattfinden kann. Wenn wir nun annehmen dürfen, dass auch in den Eiern von Säugethieren ähnliche osmotische Verschiedenheiten bestehen, so ist es sehr denkbar, dass ein gewisser Prozentsatz von Eiern eine solche Zunahme des osmotischen Drucks bei der Be-

fruchtung erfährt, dass die Membran platzt und einem Theil des Protoplasmas den Austritt gestattet. Dieser Austritt von Protoplasma könnte, wie in unseren Versuchen zu Zwillingsbildungen führen. Was aber auch immer der wirkliche Vorgang sei, es scheint wahrscheinlich, dass alle Mehrfachbildungen aus einem Ei lediglich durch mechanische oder doch physikalisch vollkommene oder partielle Trennung und Isolirung von Eimaterien zu Stande kommen.

Ueber die relative Empfindlichkeit von Fischembryonen gegen Sauerstoffmangel und Wasserentziehung in verschiedenen Entwicklungsstadien.

Von

Dr. **Jacques Loeb**,
University of Chicago.

Es ist wahrscheinlich, dass die Reihe von Formänderungen, welche wir gegenwärtig als die Entwicklungsgeschichte des thierischen Embryos bezeichnen, begleitet ist von einer correspondirenden Reihe von physiologischen Aenderungen. Während wir nun über die Formänderungen, soweit es sich um blosse Beschreibung handelt, gut unterrichtet sind, wissen wir wenig über die Aenderungen der physiologischen Reactionen des Embryo in den verschiedenen Entwicklungsstadien. Es ist bekannt, dass der Embryo grössere Lebensfähigkeit besitzt als das ausgebildete Thier[1]). Es fehlt aber an systematischen Untersuchungen, erstens ob diese Lebenszähigkeit mit fortschreitender Entwicklung des Embryo stetig abnimmt, und zweitens ob diese Abnahme die gleiche ist bei verschiedenen Eingriffen. Um hierüber Aufschluss zu gewinnen, untersuchte ich die relative Empfindlichkeit eines Fischembryo's (Fundulus) gegen Sauerstoffmangel und Wasserentziehung

1) Zuntz, Ueber die Respiration des Säugethierfoetus, Pflüger's Archiv Bd. XIV u. Pflüger, Die Lebensfähigkeit des menschlichen Foetus ibid.

in verschiedenen Entwicklungsstadien. Das allgemeine Ergebniss war, dass der Embryo um so empfindlicher gegen Sauerstoffmangel ist, je älter er ist. Jedoch nimmt die Empfindlichkeit anfangs rascher zu als später. Dagegen ergaben die Versuche über den Einfluss der Wasserentziehung ein total verschiedenes Resultat. Der Keim von Fundulus ist im ersten Stadium der Entwicklung (während der Furchung und vor Beginn der Bildung des eigentlichen Embryos) viel empfindlicher gegen Wasserentziehung als nach der Bildung des Blastoderms und die Empfindlichkeit nimmt mit zunehmender Entwicklung des Embryos ab. Die Einzelheiten der Versuche enthält die folgende Abhandlung.

I. Die relative Empfindlichkeit des Embryo gegen Sauerstoffentziehung.

1. Die Angabe, dass ohne Sauerstoff die embryonale Entwicklung alsbald still steht und der Embryo zu Grunde geht, ist so oft durch den Versuch bestätigt worden, dass es nicht mehr nöthig ist darauf einzugehen[1]). Ich suchte festzustellen, erstens wie lange und wie weit die Entwicklung bei gleichem Sauerstoffmangel in den verschiedenen Entwicklungsstadien fortzuschreiten im Stande ist und zweitens wie lange der Embryo in den verschiedenen Entwicklungsstadien dem gleichen Sauerstoffmangel ausgesetzt bleiben kann, ohne seine Entwicklungsfähigkeit einzubüssen. Die Entwicklungsstadien, welche in Betracht gezogen wurden, waren folgende: 1. das frisch befruchtete Ei, 2. das Ei nach Bildung der Keimscheibe, aber vor Bildung des Embryo, etwa 24 Stunden nach der Befruchtung, 3. das Ei nach Anlegung des Embryo, etwa 48 Stunden nach der Befruchtung (der Embryo hatte um diese Zeit gewöhnlich Augenblasen, an denen die Linse sich eben zu bilden begann), 4. der Embryo nach Beginn der Circulation, 72 Stunden nach der Befruchtung, und endlich beliebige ältere Stadien. Das Ei von Fundulus eignet sich für derartige Versuche besonders gut, weil es sehr zähe ist, sich im Aquarium völlig entwickelt und der Embryo ausschlüpft. Die

1) Wegen der Litteratur vergl. Düsing, Versuche über die Entwicklung des Hühnerembryo bei beschränktem Gaswechsel. Pflüger's Archiv Bd. 33.

ganze Dauer der Entwicklung beträgt im Sommer bei einer Temperatur von etwa 24° ca. 12—14 Tage.

Die Methode der Versuche sah ähnlich der von Bunge in seinen bekannten Versuchen über das Sauerstoffbedürfniss niederer Thiere angewendeten[1]). In ein Reagenzglas wird ca. 6 ccm Kalilauge und Pyrogallol (nach Hempel's Vorschrift) gebracht. In dieses Reagenzglas wird ein zweites sehr kleines Reagenzglas gesteckt, welches die Eier und ein wenig Seewasser (ca. 2—3 ccm) enthält. Das äussere Reagenzglas wird alsdann zugeschmolzen. Durch Glassplitter, welche sich auf dem Boden des äusseren Reagenzglas befanden, war dafür gesorgt, dass das kleinere Reagenzglas sich über dem Niveau des Pyrogallols befand. Die Einrichtung gestattete, die Eier zu beobachten und zugleich den Apparat, um die O-Absorption zu beschleunigen, mässig zu schütteln. In einigen Versuchen war das Seewasser, in dem die Eier sich befanden, vorher ausgekocht, in anderen war das unterblieben. Das Resultat war jedoch in beiden Fällen nicht merklich verschieden. Der Mangel an Hülfsmitteln gestattete mir nicht, zu untersuchen, wie rasch und wie vollständig der Sauerstoff in diesen Versuchen durch das Pyrogallol absorbirt wurde. Wenn aber auch die Absorption des O nicht ganz vollständig gewesen sein sollte, so war sie doch gleich unvollständig in allen Versuchen. Da es uns aber hier nur auf die relative Empfindlichkeit gegen Sauerstoffmangel ankommt, so war eine quantitative Bestimmung der Sauerstoffabsorption nicht absolut erforderlich, wenn nur der Sauerstoffmangel immer der gleiche war. Die Vorrichtung, um den Sauerstoff zu absorbiren, will ich im Folgenden der Kürze halber als Sauerstoffvacuum bezeichnen. Die Temperatur betrug ungefähr 22—24°. Die Funduluseier erfordern zu ihrer Entwicklung eine relativ hohe Temperatur.

2. Eier von Fundulus wurden $^1/_2$ Stunde nach der (künstlichen) Befruchtung in eine grössere Zahl von Reagenzgläsern gebracht, in denen der Sauerstoff nach der vorhin angegebenen Methode absorbirt wurde. In verschiedenen Intervallen wurde eins dieser zugeschmolzenen Reagenzgläser geöffnet und die Eier mit den zur Controlle in normalem Seewasser gebliebenen Eiern derselben Cultur verglichen. Es zeigte sich, dass die Furchung

1) Bunge, Weitere Untersuchungen über die Athmung der Würmer. Zeitschr. f. physiol. Chemie Bd. XIV. p. 322. 323.

im Sauerstoffvacuum stattfand und sogar anfangs ein wenig rascher verlief als in normalem Seewasser; das letztere war jedoch wohl nur eine Folge der beim Zuschmelzen des Glases stattfindenden Temperaturerhöhung. Nach 24 Stunden war im Sauerstoffvacuum in allen Eiern eine Keimscheibe gebildet. Dann aber stand die Entwicklung völlig still, während sie in normalem Seewasser natürlich weiter schritt. Niemals kam es in einer derartigen Versuchsreihe im Sauerstoffvacuum zur Anlage eines Embryo. Die Entwicklung schritt im Sauerstoffvacuum nur so weit vor, wie in normalem Seewasser in etwa 15 Stunden.

Ein Ei, das aufhörte sich im Sauerstoffvacuum zu entwickeln, hatte noch nicht nothwendigerweise seine Entwicklungsfähigkeit verloren. In normales Seewasser zurückgebracht, konnte es sich noch weiter entwickeln, nur durfte man es nicht zu lange im Sauerstoffvacuum lassen. Eier, welche unmittelbar nach der Befruchtung ins Sauerstoffvacuum gebracht worden waren, konnten sich noch weiter entwickeln, nachdem sie 4 Tage bei einer Temperatur von 22° in einem solchen Vacuum gewesen waren. Befanden sie sich aber länger darin, so büssten sie ihre Entwicklungsfähigkeit definitiv ein.

In diesen Versuchen befanden sich die Eier in nur 2—3 ccm Seewasser. Man könnte denken, dass dieser Umstand das Resultat beeinflusst habe. Ich stellte desshalb Controllversuche an, in welchen die Eier in eben so wenig Seewasser sich befanden, aber ausreichenden Sauerstoff hatten. In diesen Versuchen entwickelten sich die Eier in völlig normaler Weise.

3. In der zweiten Reihe von Versuchen blieben die Eier die ersten 24 Stunden nach der Befruchtung in normalem Seewasser und wurden dann in das Sauerstoffvacuum gebracht. Ein Blastoderm, aber kein Embryo war um diese Zeit gebildet. Am nächsten Morgen war in fast allen diesen Eiern ein Embryo mit Augenblasen entwickelt. Dann aber stand die Entwicklung derjenigen Eier, die im Sauerstoffvacuum blieben, still. Die Entwicklung schritt also im O-Vacuum ebenfalls wieder um soviel weiter, als einer 15stündigen Weiterentwickelung in normalem Seewasser entsprechen würde. Diese Eier verloren ihre Entwicklungsfähigkeit im O-Vacuum im Allgemeinen bereits nach 48 Stunden. Das Maximum, das ich in einem Falle beobachtete, war Weiterentwicklung nach 55stündigem Aufenthalt im Sauerstoffvacuum. Ein Ei, wel-

ches erst 24 Stunden nach der Befruchtung in's O-Vacuum gebracht wird, verliert also seine Entwicklungsfähigkeit erheblich rascher als ein Ei, das unmittelbar nach der Befruchtung dem gleichen Sauerstoffmangel ausgesetzt wird.

Bringt man Embryonen 48 Stunden nach der Befruchtung in's Sauerstoffvacuum, so wird die Hemmung der Entwicklung schon auffallender. In diesen Eiern ist der Embryo angelegt und die nächsten Elemente der Weiterentwicklung würden Bildung des Pigments und Beginn des Kreislaufs sein. Pigment bildet sich in der That, wenn auch weniger als normal, aber die Bildung des Kreislaufs unterbleibt. Nach 32stündigem Verweilen im Sauerstoffvacuum hatten diese Eier auch ihre Entwicklungsfähigkeit eingebüsst.

72 Stunden nach der Befruchtung ist beim normalen Embryo der Kreislauf voll entwickelt. Nach 7stündigem Verweilen im Sauerstoffvacuum war vom Herzschlag kaum mehr etwas wahrzunehmen. Brachte man aber ein solches Ei in normales Seewasser zurück, so begann das Herz des Embryo fast augenblicklich wieder zu schlagen, anfangs langsam, aber dann mit so rasch zunehmender Geschwindigkeit, dass in wenigen Minuten die Zahl der Herzschläge wieder beträchtlich hoch wurde. Diese Eier verloren in der Regel ihre Entwicklungsfähigkeit bei Sauerstoffmangel schon nach 24 Stunden. In keinem Falle erholte sich ein solches Ei, wenn es 48 Stunden im Sauerstoffvacuum geblieben war. Je älter der Embryo wurde, um so mehr nahm also seine Empfindlichkeit gegen Sauerstoffmangel zu. Der eben ausgeschlüpfte Fisch war noch weniger widerstandsfähig als die Embryonen.

Das Resultat dieser Versuche ist das, dass die Empfindlichkeit des Embryo gegen Sauerstoffmangel mit fortschreitender Entwicklung zunimmt. Diese Zunahme ist namentlich am Anfang der Entwicklung eine sehr rasche, so dass beispielsweise ein 4 Tage alter Embryo ebenso gute oder sogar bessere Aussicht hat, sich weiter zu entwickeln, wenn er die ganze Zeit im Sauerstoffvacuum verbracht hat, als wenn er nur die letzten 48 Stunden im Vacuum gewesen ist. Dieses anscheinend paradoxe Resultat erklärt sich einfach, wenn wir annehmen, dass die Zellen, welche während der ersten Forschungsprozesse aus der Eizelle hervorgehen, chemisch etwas verschieden sind von den später ge-

bildeten Zellen des Embryo, derart, dass die letzteren bei Sauerstoffmangel leichter zerfallen. Deshalb kann ein eben befruchtetes Ei noch entwicklungsfähig sein, wenn es 4 Tage im Sauerstoffvacuum gewesen ist, weil es nur bis zur Keimscheibe sich entwickelt hat, während ein Ei, das nach der Bildung des Embryo ins Vacuum kommt, schon nach 48 Stunden abgestorben ist. — Wir sahen ferner, dass im Sauerstoffvacuum, namentlich in den ersten 24 Stunden nach der Befruchtung die Entwicklung noch ca. 15 Stunden weiter gehen konnte. Ob daraus der Schluss zu ziehen ist, dass die Furchung auch ohne Sauerstoff ablaufen kann oder dass in unseren Versuchen der Sauerstoff nicht völlig absorbirt war, wird durch weitere Versuche zu ermitteln sein.

II. Die relative Empfindlichkeit von Fundulusembryonen gegen Wasserentziehung[1]).

Die formale Entwicklung eines Embryos ist eine Funktion von Zelltheilungs- und Wachsthumsvorgängen. Beide Klassen von Vorgängen sind wie bei Pflanzen so auch dem Anschein nach bei Thieren eine Funktion von osmotischen Vorgängen[2]). Eine genaue Kenntniss der Abhängigkeit der Entwicklungsvorgänge vom Wassergehalt der Zellen ist daher erwünscht.

Nachdem die ersten Versuche mit Seewasser, dessen Conzentration relativ wenig von der des normalen Seewassers abwich, ergeben hatten, dass das Fundulusei eine ganz erstaunliche Unabhängigkeit von der Conzentration des Seewassers besitzt, wurde zu Versuchen übergegangen mit Seewasser, dem 5 g, 7,5 g, 10 g und 20 g NaCl zu je Hundert ccm zugesetzt war. Zur Controlle wurden daneben Versuche mit normalem Seewasser und mit Süsswasser angestellt. Frisch befruchtete Eier von Fundulus entwickelten sich in völlig normaler Weise in Süsswasser sowohl wie in Seewasser, dem 5 g NaCl pro 100 ccm (also 50 g pro Liter) zugefügt waren. Bei einem Zusatz von 7,5 g NaCl zu je 100 ccm Seewasser bildete sich zwar eine Keimscheibe, aber nur ganz ausnahmsweise ein Embryo, der nur zwerghafte Dimensionen erlangte und dessen Entwicklung schon still stand, ehe die Augen-

1) Diese Versuche sind bereits im Sommer 1892 in Woods Hall ausgeführt worden.

2) Vergleiche meine „Untersuchungen zur Physiologischen Morphologie" II. Würzburg 1892 p. 48 und III. Journal of Morphology, Vol. VII.

blasen gebildet wurden. In Lösungen mit Zusatz von 10% NaCl kam es niemals mehr zur Bildung eines Embryo. Die Furchung begann zwar auch hier und schritt auch anfangs fast ebenso rasch fort wie in normalem Seewasser, aber im Allgemeinen stand sie schon etwa im 32. Zellstadium still. Ich erwartete nun, dass diese Eier ähnlich denen im Sauerstoffvacuum ihre Entwicklungsfähigkeit wenigstens längere Zeit bewahren würden. Das war aber nicht der Fall. Frisch befruchtete Funduluseier verloren ihre Entwicklungsfähigkeit in Seewasser, dem 10 g NaCl pro 100 ccm zugefügt waren, schon nach 6—10 Stunden bei einer Temperatur von ca 24°. Bei Zusatz von 20 g NaCl zu je 100 ccm Seewasser erlosch die Entwicklungsfähigkeit frisch befruchteter Eier schon nach 3—4 Stunden. Die ersten Furchungen traten aber bei solchen Eiern ein.

Brachte man aber Funduluseier 24 Stunden nach der Befruchtung (bevor der Embryo angelegt war) in einer 13,5%ige NaCl-Lösung (genauer: Seewasser mit 10 g NaCl zu je 100 ccm), so bildete sich in diesen Eiern nicht nur ein Embryo, sondern der Embryo entwickelte jedes einzelne Organ, Herzthätigkeit und Kreislauf stellten sich ein und der Embryo führte nach einigen Tagen kräftige Bewegungen im Ei aus. Er lebte in der Salzlösung von so hoher Conzentration 10—14 Tage. Nur in drei Punkten unterschied sich die Entwicklung solcher Embryonen von der in nomalem Seewasser: Die Embryonen wuchsen in dem conzentrirten Seewasser viel langsamer, als in normalem Seewasser, sie blieben auch definitiv etwas kleiner als normale Embryonen. Zweitens die Entwicklung der einzelnen Organe trat etwas später ein und endlich der Dotter schrumpfte viel rascher. Die Thatsache, dass das Wachsthum in conzentrirtem Seewasser geringer war, stimmt mit meinen früheren Untersuchungen über den Einfluss des Wassergehaltes der Zellen auf das Wachsthum überein.

Allein ein relativ kleiner Prozentsatz der Eier, welche 24 Stunden nach der Befruchtung in so conzentrirtes Seewasser gebracht wurden, vermochten sich zu entwickeln. Wurden Eier 48 Stunden nach der Befruchtung in die 13,5 %ige Lösung gebracht, so entwickelte sich ein viel grösserer Prozentsatz. Vom 3. oder 4. Tage an konnte man Eier aus normalem Seewasser direct in eine 27,5 %ige NaCl-Lösung bringen ohne die Entwicklung zu unterbrechen! Dieselbe ging etwa noch

3—4 Tage weiter. Die Circulation wurde nicht unterbrochen, obwohl der Herzschlag etwas verlangsamt war. Die Geschwindigkeit der Entwicklung und das Wachsthum war um so kleiner, je höher die Conzentration war.

Wir sehen also, dass die Empfindlichkeit gegen Wasserentziehung während der Furchung beim Fundalusembryo unvergleichlich grösser ist als nach Ablauf der Furchung und dass auch dann die Empfindlichkeit mit zunehmender Entwicklung stetig wenn auch langsam abnimmt. Folgender Versuch ist geeignet, den grossen Unterschied in der Empfindlichkeit vor und nach der Keimscheibenbildung zu illustriren. Eier wurden 1 Stunde nach der Befruchtung in die 13,5 %ige Lösung gebracht. Nach 5 Stunden war in diesen Eiern die Furchung bis etwa zum 32. Zellstadium vorgeschritten. Dann brachte ich einen Theil dieser Eier in normales Seewasser zurück, während der andere in der conzentrirten Lösung verblieb. 3 Stunden später hatten die letzteren bis auf etwa 3 unter Hunderten ihre Entwicklungsfähigkeit eingebüsst. Die andere Partie der Eier wurde, nachdem sie 18 Stunden in normalem Seewasser geblieben war, in die 13,5 %ige NaCl-Lösung zurückgebracht. Ein grosser Prozentsatz dieser Eier bildete Embryonen, die über eine Woche in dieser conzentrirten Lösung am Leben blieben.

Bei den Embryonen, die sich in sehr conzentrirten Lösungen entwickelten, wurde eine merkwürdige Erscheinung beobachtet: dass nämlich das Maximum der Conzentration des Seewassers, in dem der Embryo sich völlig zu entwickeln vermag, viel höher ist, als das Maximum der Lösung, in welcher der völlig entwickelte Embryo a u s z u s c h l ü p f e n vermag. Wenn man normale Fundulusembryonen in der zweiten Woche ihrer Entwicklung in die 13,5 %ige NaCl-Lösung bringt, so entwickeln sie sich weiter aber schlüpfen nicht aus, sondern sterben endlich im Ei. Noch auffallender gestaltet sich diese Erscheinung bei Anwendung schwächerer Conzentrationen. Setzt man 5 gr NaCl zu 100 ccm Seewasser zu, so entwickeln sich in einer solchen Lösung die Embryonen in normaler Weise und bleiben über 5 Wochen hinaus am Leben, ohne jedoch auszuschlüpfen. Bringt man aber die Eier, sobald der Embryo völlig entwickelt ist (nach etwa 14 Tagen bis 3 Wochen), in normales Seewasser, so schlüpft er in 1 bis 2 Tagen aus. Vielleicht steht die Thatsache mit der folgenden

in Zusammenhang, dass der eben ausgeschlüpfte Fisch empfindlicher gegen conzentrirtes Seewasser ist als die 2 Tage alten Embryonen. Die ersteren sterben in einer 13,5 %igen NaCl-Lösung in weniger als 24 Stunden. In einer 6,5 %igen Lösung vermögen sie jedoch zu leben. Im Süsswasser schlüpften die Embryonen ebenso rasch oder noch rascher aus als in normalem Seewasser. Der Fisch vermag in Süsswasser zu leben.

Es ist mir nicht bekannt, dass irgend ein anderes Lebewesen so starke plötzliche Schwankungen der Conzentration des Seewassers zu ertragen im Stande ist wie der Fundulusembryo. Man könnte fragen ob das auf einer eigenthümlichen Beschaffenheit der Eihaut oder des Protoplasmas beruht. Es lässt sich zeigen, dass das Protoplasma relativ unempfindlich gegen Conzentrationsschwankungen ist, während die Diffusion durch die Eihaut eine sehr prompte ist. Um das letztere zu beweisen, erinnere ich an meine früheren Versuche über die Wirkung von KCl auf den Fundulusembryo[1]). Zusatz von 3 gr KCl zu 100 ccm Seewasser brachte das Herz eines älteren Fundulusembryo in einer Minute zum Stillstand. Es muss also eine beträchtliche Quantität dieses Salzes durch die Eihaut in sehr kurzer Zeit diffundirt sein. Dass das Protoplasma sehr unempfindlich ist gegen Conzentrationsschwankungen, lässt sich an den Spermatozoen zeigen. Ich überzeugte mich zunächst, dass das unbefruchtete Fundulusei weder einen Embryo zu bilden, noch sich zu furchen im Stande ist. Dann brachte ich Eier unter bacteriologischen Vorsichtsmaassregeln in Seewasser, dem 5 gr NaCl zu 100 ccm zugefügt war. Wenn ich in einer so stark conzentrirten Lösung Spermatozoen zusetzte, so entwickelten sich die Eier wie in normalem Seewasser.

Die Beweglichkeit und Befruchtungsfähigkeit der Spermatozoen muss also in einer solchen Lösung erhalten bleiben. Ebenso bleiben die Spermatozoen in Süsswasser befruchtungsfähig. Ich glaube auch, dass sie selbst in einer 13,5 %igen Lösung noch in das Ei eindrangen; ich habe es aber leider versäumt, diesen Versuch genauer zu verfolgen und so muss ich diesen Umstand einstweilen unentschieden lassen. Es genügt aber die Thatsache, dass das Spermatozoon in einer nahezu 8,5 %igen NaCl-Lösung noch functionsfähig bleibt um zu zeigen, dass die Unabhängigkeit des

1) Ueber die Entwicklung von Fischembryonen ohne Kreislauf. Pflüger's Archiv Bd. 54.

Fundulusembryo gegen rasche und ausgiebige Conzentrationsschwankungen des Seewassers auf Eigenthümlichkeiten des Keimplasmas beruhen muss.

Welcher Umstand es aber bedingt, dass während der Furchungsvorgänge die Empfindlichkeit gegen Wasserverlust so viel grösser ist als bei der Bildung des Embryo, vermag ich nicht anzugeben. Die Bildung des Embryo ist doch auch nur eine Function von Zelltheilungsvorgängen. Freilich im Falle der Embryobildung handelt es sich um ein Auswachsen von einem einzelnen Vegetationspunkt, der am Keimring gelegen ist und es ist wohl denkbar, dass dieser Vegetationspunkt osmotisch oder chemisch von der übrigen Masse der Keimscheibe abweicht, und dass daher in diesem Vegetationspunkt Zelltheilungen ablaufen können unter Bedingungen, unter denen die Furchungsvorgänge des Eies nur kurze Zeit möglich sind.

III. Ueber die relative Empfindlichkeit des Embryos gegen KCl.

In dem vorhin erwähnten Aufsatz „über die Entwicklung von Fischembryonen ohne Kreislauf" habe ich einige Thatsachen erwähnt, die ebenfalls in den Bereich der uns hier interessirenden Erscheinungen gehören. Es handelte sich um die relative Empfindlichkeit des Embryo gegen ein specifisches Herzgift, nämlich KCl. Ich fand damals, dass das Herz eines 4—5 Tage alten Fundulusembryo im Laufe einer Stunde zu schlagen aufhört, wenn man das Ei in eine 1,5 %ige KCl-Lösung bringt, dass aber das Herz eines jüngeren Embryo, der vor Eintritt der Herzthätigkeit in eine solche Lösung gebracht wird, längere Zeit, allerdings langsam und schwach, schlagen kann. Das Herz des Embryo ist also empfindlicher gegen die giftige Wirkung des Kalium wenn der Embryo weiter entwickelt ist. Zwei Erklärungen für diese Erscheinung schienen möglich: 1. „man könnte sich denken, dass die chemische Constitution einzelner (morphologischer) Elemente des Herzens mit der Entwicklung sich ändert", und 2. „dass das KCl um so giftiger ist, je grösser in der Zeiteinheit die Arbeitsleistung des Herzens und demgemäss gewisse chemische Prozesse in demselben sind." Für die letztere Anschauung könnte man anführen, dass mit der Temperaturzunahme die Giftigkeit vieler Substanzen zunimmt (nach Luchsinger). Gesteigerte Thätigkeit führt aber

ebenso wie höhere Temperatur zu einer Zunahme der Oxydationsprocesse. Allein die Untersuchungen über die Wirkungen der Wasserentziehung und des Sauerstoffmangels zwingen auch zu der Annahme, dass in der That chemische Aenderungen in der Beschaffenheit des Keimes während der Entwicklung stattfinden müssen.

Ich habe inzwischen einige weitere Versuche angestellt, die ergaben, dass KCl weniger giftig ist für den Fundulusembryo wenn es in Süsswasser, als wenn es in Seewasser gelöst ist, obwohl doch Fundulus ein Seefisch ist. Noch giftiger war es in Seewasser, dem 2 gr NaCl pro 100 ccm zugefügt war. Ich benutzte zu meinen Versuchen 2 %ige NaCl-Lösungen. Wurden 6 Tage alte Fundulusembryonen in eine dieser KCl-lösungen gebracht, so hörte das Herz desselben in 30—50 Minuten auf zu schlagen. Brachte ich aber Eier 48 Stunden nach der Befruchtung, bevor noch das Herz zu schlagen angefangen hatte, in die Lösungen, so wurde die Entwicklung verzögert, aber nach einigen Tagen fand ich die Herzen schlagend. In einem Falle überzeugte ich mich, dass ein solches Herz 6 Stunden lang in der Kaliumchloridlösung schlug. Wir sehen also hier wieder, dass das Herz, das eben seine Thätigkeit beginnt, weniger empfindlich gegen KCl ist als ein Herz, das schon mehrere Tage functionirt hat. Aber während es in den Lösungen von KCl in Seewasser nur zu sehr schwachen Herzschlägen kam, ohne dass ein Kreislauf eintrat, kam es in der Lösung von KCl in Süsswasser in 2 Eiern zu einem allerdings sehr schwachen, aber deutlichen Kreislauf. Ich hatte früher angenommen, dass ein Herz, das nach Vergiftung mit KCl zu schlagen aufgehört habe, definitiv todt sei. Ich habe jetzt darüber Versuche angestellt die ergaben, dass 6 Tage alte Embryonen, die durch eine 2 %ige KCl-Lösung vergiftet waren, sich in normalem Seewasser wieder erholen konnten, nachdem sie 44 Stunden bei einer Temperatur von 24° ohne Herzschlag in der 2 %igen KCl-Lösung gewesen waren. Sie erholten sich leichter, wenn das KCl allein in der Lösung gewesen war, als wenn es sich mit NaCl zusammen in der Lösung befunden hatte. Miss Schively hat gefunden, dass mit dem zunehmenden NaCl-Gehalt des Seewassers die Zahl der Herzschläge vieler Seethiere abnimmt. Die einfachste Annahme würde die sein, dass sich die Wirkung des NaCl zu der des KCl in unseren Versuchen addirt habe.

IV. Schlussbemerkungen,

Die vorhin mitgetheilten Versuche waren in dem Gedanken unternommen worden, weitere Daten für eine Theorie der embryonalen Organbildung, oder — wie die Sache gewöhnlich genannt wird — für eine Theorie der Vererbung zu gewinnen. Es scheint mir, dass einige dieser Theorien, z. B. Weismann's Theorie der Determinanten, mehr im Keimplasma voraussetzen als dasselbe enthält. Nach diesen Theorien sollen Dinge bereits explicite im Keimplasma bestimmt sein, die meiner Ansicht nach Funktionen von Umständen sind, die erst in viel späteren Entwicklungsstadien auftreten. Um ein Beispiel zu geben: nach der Theorie der Determinanten müsste man sich vorstellen, dass die Zeichnung des Dottersackes von Fundulus schon durch die räumliche Anordnung der die Zeichnung bestimmenden Determinanten im Keimplasma bestimmt sei, während ich fand, dass die Zeichnung dadurch zu Stande kommt, dass das Protoplasma der Chromatophoren sich „chemotropisch" auf der Oberfläche der Blutgefässe auszubreiten gezwungen ist. Die Bildung von Blutgefässen sowohl wie die von Pigmentzellen mag sich vielleicht bis auf den Keim zurückführen lassen, aber die räumliche Anordnung der Pigmentzellen ist, wie wir sehen, der Effekt eines Reizes, den diese fertigen Gefässe oder vielmehr das in ihnen enthaltene Blut auf die fertigen Chromatophoren ausüben. Diese Thatsachen führten mich zur Vermuthung, dass auch die die Organbildung bestimmenden chemischen Umstände nicht alle schon explicite im Keimplasma enthalten seien, sondern erst nach und nach in den verschiedenen Entwicklungsstadien entstehen. Die Entwicklung eines Embryo würde danach eben auch im physiologisch-chemischen Sinne eine Epigenese und keine Evolution sein. Um diese Ansicht zu prüfen, stellte ich Versuche über die relative Empfindlichkeit des Embryo in verschiedenen Entwicklungsstadien an. Ich stellte mir vor, dass plötzliche Aenderungen der Empfindlichkeit beim Uebergang aus einem Entwicklungsstadium in das andere für die Epigenese sprechen würden. In der That fand sich eine solche Aenderung der Reaction in den Versuchen mit Wasserentziehung.

Aehnliche Versuche wie an Fundulus habe ich an Perca fluviatilis begonnen. Die physiologischen Reactionen des Embryo von Perca sind aber total verschieden von denen bei Fundulus was ja von vornherein zu erwarten war.

(Chemisches Laboratorium des Königl. Thierärztl. Hochschule in Hannover.)

Zur Kenntniss der Schwefelsäure-Bildung im Organismus.

Von

William J. Smith.

Die Aetherschwefelsäuren ($ROSO_2OH$) sind die einzigen bekannten organischen Verbindungen im Körper, welche Schwefelsäure enthalten, oder von welchen dieselbe abgespalten werden kann. Sie haben ein Atom mehr Sauerstoff als die entsprechenden Sulfosäuren (RSO_2OH), werden aber nicht durch die Oxydation letzterer, sondern aus präformirter Schwefelsäure durch Austausch eines Atoms Wasserstoff gegen ein organisches Radical gebildet. Daher kommt es vielleicht, dass bei der Bildung aus zersetzendem Eiweiss der Schwefelsäure des Harns — sowohl der präformirten wie der gepaarten — eine Abspaltung des Schwefels vom Kohlenstoff, mit dem er verbunden war, vor der völligen Oxydation, stattfindet.

Bei einigen schwefelhaltigen organischen Substanzen ist die Verbindung des Kohlenstoffs mit dem Schwefel eine so feste, dass die chemischen Kräfte im Thierkörper nicht fähig sind dieselbe zu lösen; solche Substanzen werden also nicht Schwefelsäure im Harn ergeben. Aethylmercaptol des Acetons $\left(\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix}\!>C<\!\begin{matrix}SC_2H_5\\SC_2H_5\end{matrix}\right)$ und Thiophen, $\left(\begin{matrix}CH-CH\\ \| \quad\;\; \| \\ CH \quad CH\\ \diagdown\;\diagup \\ S\end{matrix}\right)$, letzteres von Heffter[1]) und das erstere von mir[2]) Hunden eingegeben, haben keine Zunahme der Schwefelsäure im Harn verursacht. Diese Verbindungen, obwohl

---

1) Virchow's Archiv Bd. 39. S. 420.

2) Zeitschr. f. Phys. Chemie Bd. 17. S. 459.

in den meisten Beziehungen höchst verschieden, haben doch Aehnlichkeit insofern, dass sie 2-werthigen Schwefel enthalten, wovon jede Affinität durch Kohlenstoff gesättigt ist, und es schien daher wünschenswerth zu bestimmen, ob dasselbe Resultat mit anderen auf gleiche Weise verbundenen Schwefel enthaltenden Substanzen zu erreichen wäre.

Zu diesem Zwecke wurde, am 23. Juni und nochmals am folgenden Tage, Aethylsulfid (1 gr) einer Hündin eingegeben. Das Thier, welches in Beziehung auf die Stickstoff-Ausscheidung im Gleichgewicht war, wurde täglich katheterisirt und gleich darauf mit 190 gr in 500 gr Wasser getränktem Kuchen gefüttert. Der Gesammtschwefel, die Schwefelsäure und der Stickstoff des Harns wurden täglich bestimmt, letzterer durch die Arnold'sche Modification von Kjeldahl's Methode.

Wie sich aus Folgendem ergiebt, so verhält sich Aethylsulfid gleich den schon erwähnten Substanzen, indem beim Durchgang durch den Körper des Hundes sein Schwefel nicht zu Schwefelsäure oxydirt wird.

Eine Hündin, ungefähr 7½ Kilo schwer. Katheterisirt täglich 12,30 Nachm., und gleich darauf mit 190 gr Kuchen und 500 gr Wasser gefüttert. Erhielt 1 gr Aethylsulfid in Kapseln am 23. Juli und am 24. Juli 5,30 Nachm. (2 gr Aethylsulfid = 0,7111 gr Schwefel.)

Datum 1893	Harnmenge in 24 Stunden ccm	Spec. Gew. 1)	— Vor — Stickstoff-Ausscheidung in 24 Stunden gr	Gesammt-Schwefel-Ausscheidung in 24 Stunden gr	Schwefel-Ausscheidung in Form von Schwefelsäure, in 24 Stunden 2) gr
Juni 20	352	1010	3,4212	0,1420	0,0970
„ 21	351	1010	3,6225	0,1760	0,1130
„ 22	346	1010	3,6400	0,1840	0,1030
„ 23	348	1111	3,3512	0,2180	0,1100
Summa	1397		14,0849	0,7200	0,4230
pro Tag i. Mittel	349		3,5087	0,1800	0,1057

1) Das spec. Gewicht ist das des Harns mit destillirtem Wasser bis zu einem constanten Volum (500 ccm) verdünnt.

2) Sulfat plus Aetherschwefelsäure.

Datum 1893	Harnmenge in 24 Stunden ccm	Spec. Gew.[1]	— Nach — Stickstoff-Ausscheidung in 24 Stunden gr	Gesammt-Schwefel-Ausscheidung in 24 Stunden gr	Schwefel-Ausscheidung in Form von Schwefelsäure, in 24 Stunden[2] gr
Juni 24	392	1011	3,7537	0,2300	0,1190
„ 25 } [3]	342	1011	3,6662	0,2120	0,1090
„ 26 } [3]	342	1011	3,6662	0,2120	0,1090
„ 27	384	1010	3,8237	0,2140	0,1050
Summa	1460		14,9098	0,8680	0,4420
pro Tag i. Mittel	365		3,7274	0,2170	0,1105
Juni 28	355	1011	3,8325	0,2360	0,1190
„ 29	344	1011	3,6312	0,2240	0,1130
„ 30	338	1012	3,3862	0,2300	0,1080
Juli 1	332	1011	3,6750	0,2120	0,1080
Summa	1369		14,5249	0,9020	0,4480
pro Tag i. Mittel	342		3,6312	0,2255	0,1120

In 4 Tagen.

		Gesammtschwefel	Schwefel in Form von Schwefelsäure	Stickstoff
Juni 24. 25. 26. 27.	Nach	0,8680	0,4420	14,9098
Juni 20. 21. 22. 23.	Vor	6,7200	0,4230	14,0349
		Zunahme 0,1480	Zunahme 0,0190	Zunahme 0,8747
Juni 28. 29. 30. Juli 1.	Nach	0.9020	0,4480	14,0349
Juni 20. 21. 22. 23.	Vor	0,7200	0,4230	14,5249
		Zunahme 0,1820	Zunahme 0,0250	Abnahme 0,0900

Obwohl nach Einnehmen des Aethylsulfids eine kleine Zunahme in der Schwefelsäure-Menge stattgefunden hat, ist diese Zunahme nicht grösser als durch die etwas vermehrte Eiweiss-Zersetzung, durch eine entsprechende Erhöhung der Stickstoffmenge angezeigt, erklärt werden kann; und es ist sicher, dass bei Weitem der grösste Theil des Schwefels des Aethylsulfids in

1) S. Anm. 1 auf vor. Seite. — 2) S. Anm. 2 auf vor. Seite.

3) Harn von 2 Tagen zusammengenommen.

irgend einer anderen Form als Schwefelsäure ausgeschieden wird. Diesen Schwefel konnte ich nicht isoliren.

Da 2 gr Aethylsulfid 0,71 gr Schwefel enthalten, und da während der acht Tage nach der ersten Dosis nur 0,33 gr über die Normal-Schwefelmenge im Harn überging, so folgt es, dass wenn das ganze Aethylsulfid absorbirt worden ist, entweder ein Theil davon in flüchtiger Form eliminirt sein muss, oder die Ausscheidung hätte nicht in acht Tagen, bis zu welcher Zeit das Thier frisch und munter blieb, geschehen können. Der Harn ist während einer noch längeren Zeit untersucht worden, aber, da die Hündin nachher krank wurde und ihr Futter nicht auffrass, so sind die Resultate der Untersuchung nach dieser Periode ohne Werth für die jetzige Frage.

Obwohl Aethylsulfid, Aethylmercaptol des Acetons und Thiophen die Constitution $>C-S-C<$ besitzen, und alle drei durch den Körper gehen, ohne dass ein Theil des Schwefels zu Schwefelsäure oxydirt wird, schützt doch diese Constitution nicht alle Verbindungen, die sie besitzen, dagegen, dass ihr Schwefel im Organismus zu Schwefelsäure oxydirt, denn ich fand, dass Carbaminthiosäureäthylester $\left(\begin{matrix} NH_2 \\ O \end{matrix} \geqslant C-S-C \begin{matrix} CH_3 \\ H \\ H \end{matrix}\right)$[1] eine Vermehrung der Schwefelsäure im Harn hervorbrachte. Wie unten bewiesen wird, ist das gleiche bei Carbaminthioglycolsäure $\left(\begin{matrix} NH_2 \\ O \end{matrix} \geqslant C-S-C \begin{matrix} COOH \\ H \\ H \end{matrix}\right)$ wahr.

Am 13. und wieder am 15. Juni wurde der Hündin, welche zu vorigem Versuche gebraucht worden war, bei gleicher Fütterung, 1 gr des Kalisalzes verabreicht. Jedes Mal wurde zwei Stunden nach dem Einnehmen das schwedische Papier, in welchem die Dosis eingegeben worden war, ausgebrochen, und eine Stunde später wollte das Thier nicht fressen; jedoch schien es sonst frisch und munter, und später am Tage frass es das Futter auf. Folgende Zusammenstellung zeigt, dass eine erhebliche Portion des Schwefels zu Schwefelsäure oxydirt wurde.

1) Pflüger's Archiv Bd. 53. S. 481.

Dieselbe Hündin. Katheterisirt täglich um 12,30 Nachm. Tägliches Futter: 90 gr Kuchen und 500 gr Wasser. Erhielt 1 gr carbaminthioglycolsaures Kalium in schwedisch. Papier, am 13. und 15. Juni. 9,30 Vorm. (2 gr carbaminthyoglycolsaures Kalium = 0,3699 gr Schwefel und 0,1618 gr Stickstoff.)

Datum 1893	Harnmenge in 24 Stunden ccm	Spec. Gew.[1]	— Vor — Stickstoff-Ausscheidung in 24 Stunden gr	Gesammt-Schwefel-Ausscheidung in 24 Stunden gr	Schwefel-Ausscheidung in Form von Schwefelsäure in 24 Stunden[2] gr
Juni 9	342	1010	3,6050	0,1440	0,0950
„ 10	324	1010	3,4125	0,1360	0,0920
„ 11 } [3]	344	1011	3,4125	0,1460	0,0970
„ 12 }	344	1011	3,4125	0,1460	0,0970
Summa	1354		13,8425	0,5720	0,3810
pro Tag i. Mittel	338		3,4606	0,1430	0,0952
			— Nach —		
Juni 13	390	1012	3,5787	0,2040	0,1420
„ 14	274	1009	3,3250	0,1800	0,1250
„ 15	273	1011	3,7800	0,2260	0,1470
„ 16	322	1010	3,6312	0,2160	0,1510
Summa	1259		14,3149	0,8260	0,5650
pro Tag i. Mittel	314		3,5787	0,2065	0,1412
Juni 17	354	1010	3,6400	0,1640	0,1020
„ 18 } [3]	360	1010	3,5525	0,1600	0,1070
„ 19 }	360	1010	3,5525	0,1600	0,1070
„ 20	352	1010	3,4212	0,1420	0,0970
Summa	1426		14,1662	0,6260	0,4130
pro Tag i. Mittel	356		3,5415	0,1565	0,1032

In 4 Tagen.

		Gesammtschwefel gr	Schwefel in Form von Schwefelsäure gr	Stickstoff gr
Juni 13. 14. 15. 16	Nach	0,8260	0,5650	14,3149
Juni 9. 10. 11. 12	Vor	0,5720	0,3810	13,8425
		Zunahme 0,2540	Zunahme 0,1840	Zunahme 0,4724
Juni 17. 18. 19. 20	Nach	0,6260	0,4130	14,1662
Juni 9. 10. 11. 12	Vor	0,5720	0,3810	13,8425
		Zunahme 0,0540	Zunahme 0,0320	Zunahme 0,3237

1) Das spec. Gewicht ist das des Harns mit destillirtem Wasser bis zu einem constanten Volum (500 ccm) verdünnt. 2) Sulfat plus Aetherschwefelsäure. 3) Harn von zwei Tagen zusammengenommen.

Carbaminthioglycolsäure bei Spaltung unter Wasser-Aufnahme liefert entweder Carbaminthiosäure und Glycolsäure, oder Carbaminsäure und Thioglycolsäure, je nachdem die Spaltung bei

a | a oder bei b | b stattfindet. $\overset{NH_2}{\underset{O}{}} \rangle C—|S|—C \langle \begin{smallmatrix} COOH \\ H \\ H \end{smallmatrix}$ (Spaltstellen: b a über und unter |S|) Ausserhalb

des Körpers bildet sich gewöhnlich Thioglycolsäure, welche, wenn man sie verabreicht, eine Vermehrung der Schwefelsäure im Harn verursacht[1]). Da zwei Stunden nach Einnehmen der Carbarminthioglycolsäure Erbrechen stattfand und da Thioglycolsäure[2]) in den Magen gebracht gleichfalls Erbrechen hervorruft, so scheint es wahrscheinlich, dass in diesem Falle eine Zersetzung im Magen hervorging und zwar so, dass Thioglycolsäure gebildet worden ist. Unter diesen Umständen war es nöthig festzustellen, ob Carbaminthioglycolsäure, subcutan injicirt, auch zur Bildung von Schwefelsäure oxydiren würde.

Um dieses zu ermitteln, wurde am 28. und nochmals am 30. October, 1 gr des Kalisalzes in Wasser aufgelöst unter die Haut derselben Hündin injicirt. Die Injection brachte keine Symptome hervor; das Thier frass gleich darauf und ein Erbrechen fand weder jetzt noch später statt. Die Schwefel-Ausscheidung war gerade so, als wenn dieselbe Substanz in den Magen eingeführt wurde: d. h. 72,4 % wurde als Schwefelsäure eliminirt, während das Uebrige in irgend einer Form, die ich nicht bestimmen konnte, durchging und mein Versuch dasselbe zu isoliren blieb ohne Erfolg. Die Thatsache, dass weniger Schwefel sich im Harn nach Einspritzung der Substanz unter die Haut berechnen liess, als wenn dieselbe eingegeben war, wäre dadurch erklärlich, dass ein Theil davon bei der Injection verloren ging.

---

1) Zeitschrift f. Phys. Chemie Bd. 17. S. 459.

2) Ibid.

Dieselbe Hündin, gleich nach dem Katheterisiren, mit 180 gr Kuchen und 500 gr Wasser gefüttert, 12,30 Nachm. 1 gr carbaminthioglycolsaures Kalium, in Wasser gelöst, subcutan injicirt am 28. und am 30. October, 12,45 Nachm.

Datum 1893	Harnmenge in 24 Stunden ccm	Spec. Gew.[1]	Stickstoff-Ausscheidung in 24 Stunden gr	Gesammt-Schwefel-Ausscheidung in 24 Stunden gr	Schwefel-Ausscheidung in Form von Schwefelsäure in 24 Stunden[2] gr
			— Vor —		
October 25	388	1012	3,7625	0,1640	0,1220
„ 26	357	1011	3,7975	0,1780	0,1230
„ 27	408	1012	3,8937	0,1760	0,1250
„ 28	402	1013	4,0740	0,1860	0,1400
Summa	1555		15,5277	0,7040	0,5100
pro Tag i. Mittel	388		3,8819	0,1760	0,1275
			— Nach —		
October 29	398	1012	3,8675	0,2540	0,1860
„ 30	370	1012	3,5000	0,1620	0,1170
„ 31	373	1013	3,8325	0,2860	0,2080
November 1	395	1012	3,9287	0,1800	0,1280
Summa	1536		15,1287	0,8820	0,6390
pro Tag i. Mittel	384		3,7821	0,2205	0,1597
November 2	382	1012	3,9410	0,1820	0,1330
„ 3	402	1012	3,9200	0,1860	0,1300
„ 4	402	1012	4,0862	0,1740	0,1280
„ 5	404	1012	3,9375	0,1700	0,1280
Summa	1590		15,8847	0,7120	0,5190
pro Tag i. Mittel	397		3,9713	0,1780	0,1297

In 4 Tagen.

		Gesammtschwefel gr	Schwefel in Form von Schwefelsäure gr	Stickstoff gr
Oct. 29. 30. 31. Nov. 1	Nach	0,8820	0,6390	15,1287
Oct. 25. 26. 27. 28	Vor	0,7040	0,5100	15,5277
		Zunahme 0,1780	Zunahme 0,1290	Abnahme 0,3990
Nov. 2. 3. 4. 5	Nach	0,7120	0,5190	15,8847
Oct. 25. 26. 27. 28	Vor	0,7040	0,5100	15,5277
		Zunahme 0,0080	Zunahme 0,0090	Zunahme 0,3570

1) Das spec. Gewicht ist das des Harns mit destillirtem Wasser bis zu 500 ccm verdünnt. 2) Sulfat plus Aetherschwefelsäure.

Wie Carbaminthioglycolsäure Thioglycolsäure oder Carbaminthiosäure ergiebt, je nachdem bei der Spaltung der Schwefel mit dem Glycolsäure- oder mit dem Carbaminsäure-Reste in Verbindung bleibt, so wird auch Aethylmercaptan oder Carbaminthiosäure aus Carbaminthiosäureäthylester gebildet werden, je nach der Richtung wie die Spaltung erfolgt. Aethyl-Mercaptan, Carbaminthiosäure und Thioglycolsäure enthalten alle eine (SH-)Gruppe. Anderseits ist höchst unwahrscheinlich, dass irgend eine diese Gruppe enthaltende Substanz unter den Zersetzungs-Producten im Körper von Thiophen Aethyl-Sulfid oder Aethyl-Mercaptol des Acetons sei — aus dem Harn eines Hundes, welcher Letzgenanntes eingenommen hatte, erhielt ich eine kleine Quantität Sulfonal — und es unterliegt keinem Zweifel, dass Carbaminthioglycolsäure und Carbaminthiosäureäthylester beim Durchgang durch den Körper Schwefelsäure bilden, während Thiophen, Aethyl-Sulfid und Aethyl-Mercaptol des Acetons dieses nicht thun, weil bei Zersetzung beider ersteren der Schwefel die (SH-)Bindungs-Form annimmt und bei letzteren nicht. Diese Versuche bestätigen also die Meinung, die von mir in einer früheren Mittheilung[1]) ausgesprochen worden ist über die Wichtigkeit der (SH-)Gruppe bei der Schwefelsäure-Bildung im Organismus, und deuten $\rangle$C-SH als die Constitution des Eiweiss-Umwandlungsproducts, aus welchem aller Wahrscheinlichkeit nach diese Säure im Körper entsteht. Die Resultate stimmen auch mit dem überein, welches schon vor langer Zeit von Baumann[2]) über die Mercaptursäuren-Bildung im Organismus festgestellt worden ist.

Bis zu welchem Grade die Schwefelsäure-Bildung durch das mit der (SH-)Gruppe verbundene Radical beeinflusst wird, wird später in Betracht kommen.

Herrn Professor Arnold spreche ich wegen seines höchst freundlichen Entgegenkommens meinen besten Dank aus.

Gleichzeitig mache ich darauf aufmerksam, dass die in meiner Abhandlung dieses Archiv 1883 Bd. 53 S. 481 angeführten Stickstoffmengen zweimal so gross angenommen werden müssen, da eine von dem Assistenten angefertigte und als $^1/_2$ Normal bezeichnete Salzsäure sich nachträglich als $^1/_1$ Normal erwies. Meine l. c. angeführten Ergebnisse werden jedoch hierdurch in ihren relativen Verhältnissen nicht verändert.

1) Ibid. 2) Zeitschrift f. Phys. Chemie Bd. 3. S. 309.

(Aus dem physiologischen Institut in Rostock.)

Ueber electrische Reizung des Halssympathicus.

Von

Dr. med. **Gotthold Mulert,**
prakt. Arzt.

(Mit 3 Holzschnitten.)

Im hiesigen physiologischen Institut ist in letzter Zeit der Einfluss verschiedenartiger Reizmittel auf den Halssympathicus näher untersucht worden. Die nachfolgenden Mittheilungen bezwecken, dasjenige darzulegen, was dabei über die Wirksamkeit von Inductionsschlägen ermittelt worden ist.

Ich habe mich bei dieser Untersuchung darauf beschränkt, den Einfluss kennen zu lernen, den die Reizung des Halssympathicus auf die Pupille ausübt. Ist auch die Beziehung des Nerven zur Iris keine so einfache wie die eines motorischen Nerven zu einem Skeletmuskel, ist es auch nicht einmal festgestellt, ob der erregte Sympathicus wirklich einen Muskel zur Zusammenziehung bringt oder ob er nicht vielleicht durch Entspannung eines anderen wirkt, so ist doch zu hoffen, dass gerade eine systematische Untersuchung des den üblichen Reizen gegenüber dargebotenen eigenthümlichen Verhaltens früher oder später zur Aufklärung jener Beziehungen führen wird.

Im December 1892 hatte Prof. Langendorff auf Grund eigner Versuche mitgetheilt[1]), dass einzelne Inductionsschläge auf den Sympathicus applicirt, die Pupille unverändert liessen, während schnell wiederholte Schläge „durch Summation" wirksam waren. Dies habe ich bei meinen Versuchen im Allgemeinen bestätigt gefunden. Jedoch konnte ich einige Male auch bei einzelnen Inductions-

1) Sitzungsberichte der Naturforschenden Gesellschaft zu Rostock 1892.

schlägen eine allerdings minimale, nur bei 25facher Vergrösserung (Westien'sche Binocularlupe) deutliche Pupillenerweiterung constatiren. Dabei schien es mir, als ob die Wirkung sowohl von der Stromstärke als von der Stromrichtung in gesetzmässiger Weise abhängig sei, doch sind die Versuche hierüber noch nicht zum Abschluss gelangt und sollen im hiesigen physiologischen Institut fortgesetzt werden[1]). Jedenfalls ist die Wirkung der Einzelschläge eine äusserst geringe, während sich durch tetanisirende Inductionsströme eine deutliche und kräftige Pupillenerweiterung leicht erzielen lässt. Ich habe mich nun darauf beschränkt, den Einfluss dreier variabler Factoren auf die Pupillenerweiterung bei electrischer Reizung des Halssympathicus mit Inductionsströmen einer genaueren Prüfung zu unterziehen. Die Factoren sind: Die Stromintensität, die Zahl der angewandten Einzelschläge und die Intervalle, in welchen dieselben auf einander folgen. Es war von vorn herein ein Einfluss dieser Variablen auf den Erfolg der Reizung zwar wahrscheinlich, aber doch nicht ohne Weiteres als sicher anzunehmen. Besonders bezüglich der Reizstärke war ein Zweifel berechtigt; schien es uns doch anfangs, als ob ein Einfluss derselben überhaupt nicht bestehe, als ob die auf die Reizung eintretende Pupillenerweiterung schon bei den schwächsten eben wirksamen Reizen eine maximale, hier also ein ähnliches Verhalten vorhanden sei wie beim Herzmuskel (Kronecker). Erst die nähere Prüfung hat uns gelehrt, dass dem nicht so ist. Den etwa vorhandenen Einfluss aber, den der Rhythmus und die Zahl der Reize hatten, zahlengemäss festzustellen, schien uns nicht ohne Werth zu sein.

Meine Versuche hatten somit ähnliche Ziele, wie die Untersuchungen, die von Stirling[2]), und später von Ward[3]) über die

---

1) Bemerkenswerth ist, dass Piotrowski, der in einer kürzlich erschienenen Abhandlung die Wirkung electrischer Reizung des Halssympathicus auf das Kaninchenohr untersucht hat, einzelne Inductionsschläge bald wirksam, bald erfolglos sah (Dieses Archiv Bd. 55 S. 278).

2) W. Stirling: Ueber die Summation electrischer Hautreize. Arbeiten aus d. physiol. Anstalt zu Leipzig in Ber. über d. Verh. d. kgl. sächs. Ges. d. Wiss. zu Leipzig. Math.-phys. Classe Bd. XXVI 1874, S. 372.

3) Ward: Ueber die Auslösung von Reflexbewegungen durch eine Summe schwacher Reize. Du Bois-Reymond's Archiv für Physiologie 1880, S. 72.

Summation electrischer Hautreize angestellt worden sind. Aus diesen war hervorgegangen, dass Reflexbewegungen nur ausnahmsweise durch einzelne auf die Haut applicirte Inductionsschläge ausgelöst werden und zwar nur bei sehr starken Strömen. Im Allgemeinen wirken auch hier nur wiederholte Reize. Die weiteren Resultate der beiden Forscher stimmen nicht ganz überein. Während Stirling angiebt, dass „in den weitaus meisten Fällen zu grösseren Intervallen auch grössere Schlagzahlen gehören", um eine Reflexbewegung hervorzurufen, kommt Ward zu dem Resultat: „Die Zahl der gleichstarken Einzelreize, welche zur Auslösung einer Reflexbewegung nothwendig sind, bleibt dieselbe, einerlei ob in der Secunde 2,5 oder 20,0 solcher ertheilt werden."

I. Die Vorbereitung der Thiere und die Art der Pupillenbeobachtung.

Ich habe meine Versuche in einigen Fällen an Kaninchen, meistens aber an Katzen ausgeführt. Einmal ist der Sympathicus bei diesen sehr widerstandsfähig, und kann man daher die Versuche bei gut narkotisirtem Thier stundenlang fortsetzen. Zweitens ist die Pupille bei Katzen besonders gut zu beobachten, da die Iris hell und lebhaft gefärbt, und ihr Rand sehr scharf ist. Die Thiere wurden zunächst soweit chloroformirt, dass man sie bequem auf das Vivisectionsbrett spannen konnte. Nachdem sie aufgebunden waren, erhielten sie 0,5—1,0 Chloralhydrat in die Bauchhöhle injicirt. Bei lange dauernden Versuchen — ich habe dieselben einige Male auf 5—6 Stunden ausgedehnt — wurde die Chloralinjection ab und zu wiederholt. Darauf wurde die Tracheotomie vorgenommen, auf der einen Seite die Vena jug. ext. freigelegt, auf der anderen der Vagosympathicus präparirt und unterbunden. Bei Kaninchen und auch einmal bei der Katze habe ich den Sympathicus allein unterbunden; sonst habe ich ihn bei den Katzen nicht vom Vagus, mit dem er in einer Scheide liegt, isolirt, um ihn möglichst wenig mechanisch zu schädigen. Nun wurde in die freigelegte Vene eine schwache Curarelösung injicirt, bis die Athmung stillstand, und dann sofort künstliche Athmung eingeleitet. Das Curare liess sich nicht gut umgehen, da die Thiere sonst trotz der meist guten Narkose den Bulbus bewegten, doch habe ich mit möglichst geringen Mengen auszukommen gesucht. Darauf wurde

das Auge in folgender Weise vorbereitet: Der äussere Augenwinkel wurde etwas gespalten, durch die beiden Lider je eine Naht gelegt, und mit den Fäden, deren Enden in passender Weise befestigt wurden, die Lider auseinander gezogen. Endlich wurde die Nickhaut soweit exstirpirt, dass die Cornea vollkommen frei lag. Damit dieselbe nicht vertrocknete, wurde sie von Zeit zu Zeit mit physiologischer Kochsalzlösung irrigirt. Die Anlegung Ludwig-scher Electroden an den Sympathicus geschah mit besonderer Vorsicht, um jede Schädigung des Nerven zu vermeiden. Die Pupille wurde durch ein horizontales, durch Zahn und Trieb von vorn nach hinten und nach oben und unten verschiebbares Mikroskop mit 10 cm Fokalabstande beobachtet. In dasselbe war ein Ocularmicrometer eingelegt, welches in zwei auf einander senkrecht stehenden Durchmessern Halbmillimetertheilung besitzt. Diese Kreuztheilung war für die Kaninchenpupille gemacht, bei der die Beobachtung zweier Durchmesser wünschenswerth ist; für die Katzenpupille, die sich hauptsächlich im queren Durchmesser erweitert, genügt eine einfache Theilung. Die Fassung des Mikrometerglases ist an einem Handgriff drehbar, so dass man seine Stellung jeder Lage des Bulbus anpassen kann. Die Vergrösserung war, wie empirisch festgestellt wurde eine derartige, dass ein Theilstrich des Micrometers 0,7 mm eines scharf eingestellten Maassstabes entsprach. Mit dieser Vorrichtung gelangt man nach einiger Uebung leicht dahin, die bei jeder Reizung erreichte Pupillenerweiterung mit einiger Genauigkeit zu messen. War eine gewisse Tiefe der Narkose erreicht, wurde gleichmässig und ausreichend ventilirt, und achtete man darauf, das Auge möglichst gleichmässig zu beleuchten, so änderte sich die Pupillenweite in der Ruhe während der Beobachtungszeit nicht in störendem Maasse. Es war deshalb auch überflüssig, die Oculomatoriusendigungen durch Atropin zu lähmen. So behielt ich den Vortheil, die Pupille auf die Sympathicusreizung stärker reagiren zu sehen; denn je enger die Pupille ist, desto leichter und deutlicher spricht sie auf die Reizung an. Auch der Rückgang der durch Sympathicusreizung erweiterten Pupille zur Ruhestellung wird durch das Vorhandensein eines kräftigeren Sphinctertonus sehr erleichtert.

II. Ueber den Einfluss der Stromintensität auf die Grösse der Pupillenerweiterung.

In der ersten Versuchsreihe kam es darauf an, den Einfluss der Stärke des auf den Sympathicus applicirten Stromes auf die Pupillenerweiterung zu prüfen. Die Reizung geschah mittelst tetanisirender Inductionsströme, deren vorzügliche Wirkung oben erwähnt ist, und deren Stärke durch grössere oder geringere Entfernung der secundären von der primären Rolle des Schlittenapparates leicht variirt werden kann. Es war dabei nothwendig, dass einmal die Einzelschläge stets in denselben Intervallen erfolgten, dass zweitens die Tetanisirungsdauer eine constante war, und dass endlich die den einzelnen Rollenabständen entsprechenden Intensitäten unter einander vergleichbar waren. Das erste wurde, da sich alsbald zeigte, dass der Wagner'sche Hammer zur Hervorbringung regelmässiger Unterbrechungen nicht geeignet war, dadurch erreicht, dass an Stelle desselben eine mit trocknem Contact arbeitende König'sche Stimmgabel von 100 ganzen Schwingungen in der Secunde als Unterbrecher in den primären Kreis eingeschaltet wurde. Prüfungen mittelst eines electrischen Signals, das auf dem Cylinder eines Baltzar'schen Registrirapparates schrieb, zeigten uns, dass die Stromunterbrechung eine sehr regelmässige, niemals aussetzende war. Um ferner eine jedesmal gleichdauernde Reizung zu erzielen, wurde ein Registrirapparat benutzt, dessen Umdrehungszeit zwischen 1½ Stunden und 2 Secunden variirt werden konnte. An der unteren Peripherie der Trommel ist in leitender Verbindung mit der Axe derselben eine Stahlspitze angebracht. Dieselbe taucht bei jeder Umdrehung eine Zeit lang in eine kreisbogenförmige, etwa 36 Winkelgrade lange Quecksilberrinne, die in eine Hartgummiplatte eingelassen ist. Dieser Quecksilbercontact wird in den secundären Kreis eingeschaltet und schliesst denselben bei jeder Umdrehung der Trommel, solange sie dieselbe Geschwindigkeit behält, eine gleiche Zeit. In späteren Versuchen wurde die Quecksilberrinne durch einen in Hartgummi eingelassenen Kupferstreifen, die Stahlspitze durch eine auf demselben schleifende Kupferfeder ersetzt. Der Kupferstreifen lässt sich durch eine dünne Hartgummilamelle in beliebiger Ausdehnung zudecken; dadurch wird ermöglicht, die Contactdauer innerhalb gewisser Grenzen zu verändern.

Den Strom lieferte ein Daniell; die Stromstärke wurde durch Verschieben der secundären Rolle variirt. Da der Schlittenapparat empirisch graduirt war, so war es möglich, die Intensität der Inductionsströme auch in Stromeinheiten (Rollenabstand 0 = 1000 E. gesetzt) anzugeben.

Betreffs der Pupillenbeobachtung sei noch erwähnt, dass die Wiederverengerung der durch Reizung dilatirten Pupille mit verschiedener Geschwindigkeit erfolgte, je nachdem die Erweiterung einen hohen Grad erreicht hatte oder gering geblieben war. Nach schwacher Reizung ist die ursprüngliche Weite bald wieder erreicht, nach intensiver dauert es oft bis 5 Minuten, ehe dies der Fall ist. So lange bis die Ruhestellung wieder erreicht war, musste in jedem Versuche gewartet werden, ehe zu einer neuen Reizung geschritten werden konnte.

Die Versuche haben nun übereinstimmend ergeben, dass ein Einfluss der Reizstärke auf die Pupillenweite sich in sehr bemerkenswerther Weise geltend macht. Der Schwellenwerth des Reizes führt nur zu einer minimalen, die steigende Stromstärke zu immer wachsenden Dilatationen. Das Maximum der Wirkung aber wird, und das ist oft sehr auffallend, recht schnell erreicht. Die Stärkescala, innerhalb deren der Einfluss der Intensität sich geltend macht, ist also von geringer Ausdehnung.

Als Beispiele mögen die in folgenden Tabellen enthaltenen Versuchsergebnisse dienen:

Die Tab. I ist gewonnen von einer alten weiblichen Katze. Chloralnarkose, kein Curare.

Tabelle I.

Nr.		Rollenabstand in mm	Reizstärke in Strom einheiten.	Pupillenerweiterung in Theilstrichen [1])
1	Reizdauer 1,13"	150	8,09	0
2		140	10,43	0
3		130	11,18	0,5
4		120	23,64	1,5
5		110	31,35	5

1) Als Differenz der erreichten Maximalweite und der Weite bei nicht gereiztem Nerven berechnet.

Das Thier wird später curarisirt; nach längerer Pause wird die Tab. II gewonnen.

Tabelle II.

Nr.		Rollen-abstand in mm	Reizstärke in Strom-einheiten	Pupillen-erweiterung in Theilstrichen
1	Dauer der jedesmaligen Reizung 1,13"	206	4,08	0
2		205	4,11	0,25
3		204	4,13	1,75
4		203	4,15	2
5		202	4,18	3
6		201	4,20	3
7		200	4,23	3,5
8		190	4,48	4,75
9		180	4,73	6,25
10		170	4,98	7
11		160	6,84	6,25
12		150	8,09	6,5
13		130	11,18	6,25
14		120	23,64	6
15		100	44,16	6
16		80	85,19	6,25

Man erkennt, dass bei Rollenabstand 205 mm die Reizschwelle liegt, und dass das Maximum bereits bei 170 mm R. A. erreicht wird. Dass weitere Stromverstärkung nicht nur keine weitere Dilatationsvermehrung, sondern geringere Wirkungen zur Folge hat, dürfte vielleicht auf Ermüdung des lange gereizten Nerven beruhen.

Man könnte nun die Frage aufwerfen, ob vielleicht die Wirksamkeit schwacher Reize durch längere Dauer der Reizung d. h. durch Vermehrung der Reizzahl verstärkt werden kann. Dass dies in der That der Fall ist, aber auch dass bei längerer Reizungsdauer keineswegs die unterschiedliche Wirkung verschiedener Intensitäten aufhört, geht aus folgendem Versuche hervor:

Versuchsobject war eine alte männliche Katze. Narkose: Chloroform, Chloral, Curare. Die Pupille war schon in der Ruhe sehr weit (11 Theilstriche), die erlangten Wirkungen daher gering. Dennoch sind, wie die nachfolgende Tabelle lehrt, die genannten Einflüsse deutlich bemerkbar.

Tabelle III.

Nr.	Reizdauer in $^1/_{100}$ Sec.	Rollen-abstand in mm	Reizstärke in Einheiten	Pupillen-erweiterung in Theilstrichen
1	23	120	23,64	0
		110	31,35	0
		105	37,44	0,25
		100	44,16	1
2	42	120	23,64	?
		110	31,35	1
		105	37,44	0,5
		100	44,16	2
3	167	120	23,64	1
		110	31,35	2
		105	37,44	2
		100	44,16	3
4	300	120	23,64	1
		110	31,35	2
		105	37,44	3
		100	44,16	5

Endlich sei noch ein Versuch angeführt, bei welchem die ruhende Pupille strichförmig eng, die Reizwirkungen deshalb, wie oben ausgeführt, sehr kräftige waren:

Alte männliche Katze. Chloroform, Chloral, Curare.

Tabelle IV.

	Rollen-abstand in mm	Strom-stärke in Einheiten	Pupillen-erweiterung in Theilstrichen
Reizintervall 0,054″ Zahl der Reize 62	180	4,73	0
	160	6,84	3
	150	8,09	6
	130	11,18	8
	120	23,64	9
	110	31,35	9,3
	100	44,16	9,5

Das Reizintervall war hier mehr als 5 mal so gross als in den früheren Versuchen, die jedesmalige Reizungszeit = 3,35 Secunden.

III. Ueber den Einfluss der Reizzahl und der Reizintervalle auf die Grösse der Pupillenerweiterung.

Schon oben ist ein Versuch angeführt worden, bei dem die Reizzahl verändert wurde. Ich habe nun in dieser Beziehung eine Anzahl systematischer Versuche angestellt. Zunächst handelte es sich darum, bei beständig bleibender Stromstärke und bei gleichen Intervallen die Zahl der Reize zu variiren. Dies wurde in einer ersten Versuchsreihe in folgender Weise zu erreichen versucht: Als Intervall wurde eine Secunde gewählt. Den von 2 Tauchelementen gelieferten primären Strom unterbrach ein mit Quecksilbercontact versehenes Secundenpendel. Die secundäre Rolle stand durch Vermittlung eines Vorreiberschlüssels mit dem Nerven in Verbindung. Um nicht Schliessungs- und Oeffnungsschläge hinter einander wirken zu lassen, waren die letzteren nach dem von Pflüger angewandten Princip durch einen in den Stromkreis eingeschalteten Electromagnet abgeblendet. Von der Zuverlässigkeit der Abblendung überzeugten wir uns dadurch, das wir statt des Nerven ein Telephon einschalteten. Wir hörten dann bei jedem Pendelschlage nur einen Ton, während man deutlich zwei wahrnahm, sobald die Drähte des secundären Stromes nicht über die durch den Abblender führende Nebenschliessung, sondern direct zum Telephon geführt wurden. Die Reizdauer und die Zahl der Reize wird durch den Anker des als Abblender wirkenden Electromagnets auf einer berussten Trommel aufgezeichnet. Wenn der Versuch beginnen soll, wird Pendel und Trommel in Gang gesetzt, der Beobachter stellt sich die Pupille im Microskop genau ein und hält die Hand an einem in den primären Kreis aufgenommenen Telegraphentaster. Wenn er denselben schliesst, erhält der Nerv alle Secunden einen Schliessungsinductionsschlag und wird die Anzahl derselben auf der Trommel markirt, bis im Momente der Wirkung der Beobachter den Taster öffnet und damit den Versuch unterbricht.

Der Versuch (am Kaninchen angestellt) hatte indessen ein durchaus negatives Resultat. Selbst bei übereinandergeschobenen Rollen war eine Wirkung der im Secundentempo aufeinander folgenden Schliessungsinductionsschläge nicht bemerkbar, die Pupille blieb unverändert. Der Erfolg blieb auch dann aus, als die Abblendung beseitigt, der Nerv also alle Secunden von zwei sehr schnell aufeinander folgenden Inductionsschlägen getroffen wurde. Zur Controle angewandte

tetanisirende Ströme (Wagner'scher Hammer) gaben schon bei grösserem Rollenabstand kräftige Erweiterung der Pupille.

Auf Grund dieses Misserfolges beschloss ich, die Versuche so einzurichten, dass die Reizintervalle beliebig verkürzt werden konnten. Stirling wandte zu diesem Zwecke den Ruhmkorff-schen Interruptor, Ward eine schwingende Degenklinge an. Beide Methoden haben, wie die Autoren selbst zugeben, ihre Mängel, der Interruptor die unvollkommene Möglichkeit, Oeffnungs- oder Schliessungsschläge abzublenden, die Degenklinge die Beschränkung in den Reizintervallen. Wir haben uns daher einen neuen Apparat ersonnen. Da derselbe aber noch weiteren Veränderungen unterzogen wird, so soll eine genaue Darstellung und Zeichnung des Apparates später gegeben werden. Hier beschreibe ich denselben nur, soweit es zum Verständniss der Versuche nöthig ist. Ich bemerke noch, dass die Vorrichtung, die man am besten wohl als Schlagwähler bezeichnet, und die in ihrem Bau und ihrer Wirksamkeit an den Universalcommutator von Hermann sowie an das rhythmische Polyrheotom von Engelmann erinnert, von Herrn Westien, Custos am physiol. Institut zu Rostock, ausgeführt ist.

Es wurde zur Herstellung rhythmischer Stromunterbrechungen das vortreffliche Uhrwerk eines von Zimmermann in Leipzig gebauten Ludwig-Baltzar'schen Registrirapparates benutzt. An die Axe desselben wird unterhalb der Trommel ein Messingquerbalken angeschraubt, der 3 Metallfedern trägt. Die äussere von ihnen ist mit dem Querbalken, also auch mit der Axe metallisch verbunden, die beiden andern sind von dem Querbalken durch Hartgummi isolirt, stehen aber unter sich in Contact. Die 3 Federn schleifen auf 3 Contactringen, die in eine auf das Grundbrett der Trommel aufgeschraubte Hartgummischeibe eingelassen sind. Der innere Contactring ist ein ununterbrochener Messingkreis, während die beiden äusseren eine regelmässige Folge von kreisförmig angeordneten Messingcontacten darstellen, welche durch ebensoviele Hartgummistücke getrennt sind. Die Contactfelder jedes Ringes [bei meinem Apparat 62] stehen im Innern der Scheibe mit einander in leitender Verbindung, doch sind die 3 Ringe von einander isolirt. Der primäre Strom geht durch die primäre Spirale, durch die Axe der Trommel, den Querbalken, die äussere Feder und den äusseren Contactring, welcher also bei der Drehung der Trommel den Strom so oft unterbricht, als Contacte da sind. Die beiden inneren Contactringe

und die beiden inneren Federn stellen eine in den secundären Strom eingeschaltete Nebenschliessung dar, welche, wenn die mittlere Feder auf einem Contactfelde steht, den Strom von dem Nerven abblendet. Die Federn sind nun so eingestellt, dass bei Rotation der Trommel die mittlere Feder der äusseren immer nur ein Geringes voraneilt. Wenn daher die äussere Feder auf einen Contact gelangt, so ist die mittlere schon auf einem Contactfelde, wodurch der erzeugte Schliessungsinductionsschlag von dem Nerven abgeblendet wird; wenn aber die äussere Feder den Contact verlässt und dadurch den primären Kreis öffnet, so befindet sich die mittlere Feder schon auf einem Hartgummifelde, und der Oeffnungsinductionsschlag geht durch den Nerven. Es erhält also der Nerv bei der Rotation der Trommel so viel Oeffnungsinductionsschläge, als der äussere Ring Contacte hat. Durch eine dünne Kreisbogenförmige Hartgummilamelle, die auf dem äusseren Contactringe verschieblich angebracht werden kann, ist es möglich, eine beliebige Anzahl von Einzelreizen einzustellen. Unabhängig davon kann man durch verschiedene Einstellung des Uhrwerkes oder der Frictionsrolle des Apparates die Intervalle zwischen den Einzelreizen von über 2" bis 0,022" variiren. Den Strom lieferte ein Daniell'sches Element.

Ich theile zunächst die Versuche mit, in denen bei innerhalb einer Reihe unverändert bleibendem Reizintervall und bei gleicher Stromstärke die Zahl der Oeffnungsschläge geändert wurde.

Als Versuchsobject diente eine grosse männliche Katze. Chloroform, Chloral, Curare. Pupille in der Ruhe sehr eng.

Tabelle V.

	Zahl der Reize	Pupillenerweiterung		Zahl der Reize	Pupillenerweiterung
a)	1	minimal	b)	1	0,25
Stromstärke 23,64 E	2	0,5	Stromstärke 23,64 E	2	1
Reizintervall 0,054"	3	1,2	Reizintervall 0,073"	3	2
	4	2,5		4	3
	5	3		5	3,5
	6	4		10	4
	10	4,2		15	5,5
	15	4,2		19	7
	19	4,5		30	8,5
	30	7		40	8,5
	40	9		62	9,5

	Zahl der Reize	Pupillen-erweite-rung
c) Stromstärke 85,19 E Reizintervall 0,113"	1	minimal
	2	1,75
	3	3
	10	5
d) Stromstärke 85,19 E Reizintervall 0,505"	1	1
	2	1,2
	3	1,5
	4	1,5
	10	1,5
	19	2
	62	3
e) Stromstärke 85,19 E Reizintervall 0,880"	1	0,5
	2	0,75
	5	1,2
	10	1,2
	19	1,5
	62	2

f) Bei einem Reizintervall von 2,141" (Stromstärke 85,19 E.) ist eine Summation der Reizwirkung selbst bei 62 aufeinander folgenden Reizen nicht bemerkbar. Die Pupille ist in der Ruhe etwa 1,5 Theilstriche weit und schwankt den Einzelreizen entsprechend ganz wenig hin und her, ohne sich bei zunehmender Reizzahl dauernd zu vergrössern.

Aus diesen Versuchen geht deutlich hervor, dass die Grösse der Pupillenerweiterung unter sonst gleichen Bedingungen in bemerkenswerther Weise abhängig ist von der Reizzahl, vorausgesetzt, dass die Stromstärke nicht zu schwach genommen wird und die Reizintervalle nicht zu gross sind. Im letzteren Falle findet eine Summation der Einzelschläge nicht mehr statt.

Schon diese Versuchsreihen lassen neben der Abhängigkeit der Pupillenerweiterung von der Reizzahl auch den Einfluss der in den Einzelreihen variirten Geschwindigkeit der Reizfolge erkennen. Deutlicher geht aber dieses Moment aus dem folgenden Versuche hervor.

Hier wurde bei gleichbleibender Stromstärke und gleicher Zahl der Reize die Umdrehungsgeschwindigkeit der Trommel und damit die Dauer der Reizintervalle variirt.

Alte männliche Katze. Schwache Curarenarkose. Rechter Sympathicus isolirt vom Vagus unterbunden. Beide Pupillen sind bei Beginn des Versuches ziemlich eng (etwa einen Theilstrich). Während der Dauer des Versuches erweitert sich die linke Pupille

etwas, während die rechte (Seite der Unterbindung) sich noch mehr verengt.

Tabelle VI.

	Reiz-intervall	Pupillen-erweiterung
Stromstärke 68,17 E Zahl der Reize 19	2,94"	minimal
	1,29"	0,5
	0,454"	0,5
	0,227"	1
	0,154"	1,3
	0,116"	3
	0,089"	5
	0,077"	5,5
	0,058"	7
	0,028	7,5

Aus diesem Versuche geht deutlich hervor, dass die Wirkung der in bestimmten Zeitabständen folgenden Sympathicusreize um so kräftiger ist, je schneller sie aufeinander folgen.

Der Einfluss beider Momente, der Reizzahl sowohl als des Reizintervalls, ist aus folgender Versuchsreihe erkennbar, die an demselben Thiere nach einstündiger Pause angestellt worden ist. Hier wurde wie in dem in Tab. V mitgetheilten Versuche die Zahl der Schläge variirt, und zwar zuerst bei grossen Reizintervallen, nachher bei geringeren. Da die Stromstärke immer dieselbe blieb, so habe ich die sich ergebenden Tabellen in eine zusammenfassen können. Die Zahlen der ersten Horizontalreihe bedeuten die Reizintervalle in Secunden, in der ersten Verticalen findet sich die Zahl der angewandten Einzelreize. Die übrigen Reihen geben die Pupillenerweiterung in Mikrometertheilstrichen. Bei Benutzung der Horizontalreihen erkennt man demgemäss die Wirkung des Reizintervalls oder Reizrhythmus, bei Benutzung der Verticalreihen den der Reizzahl.

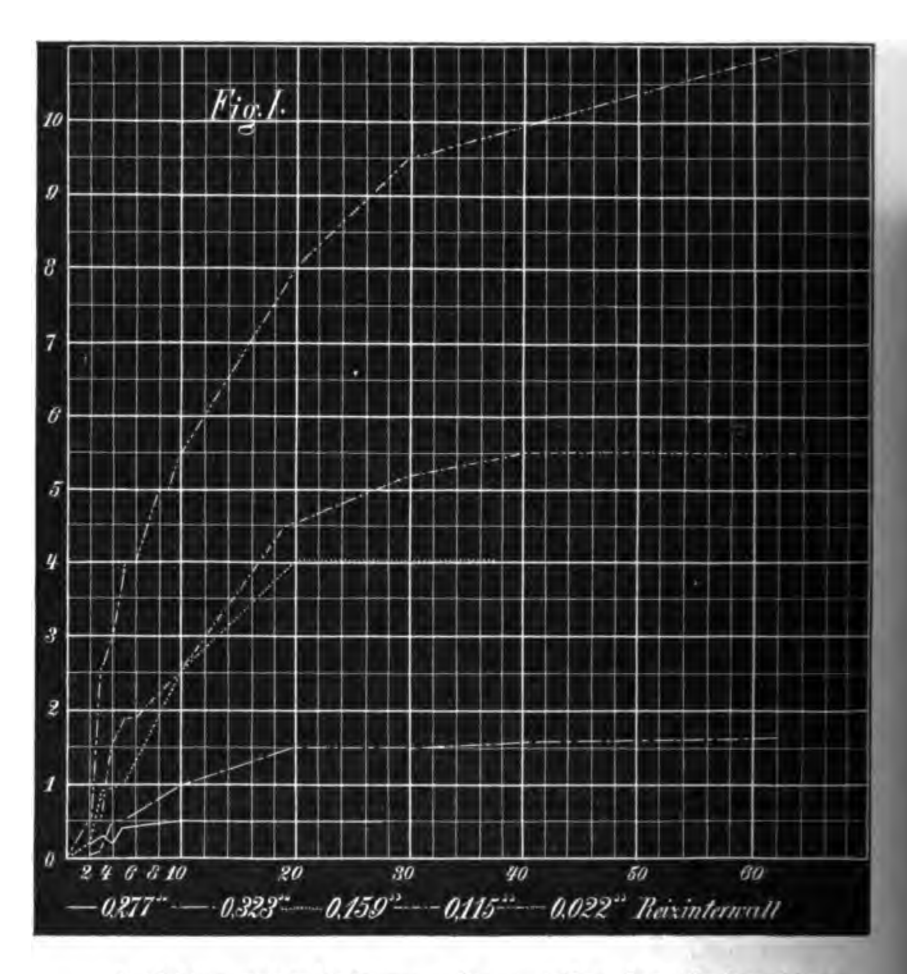
Tabelle VII.

	1,277"	0,833"	0,641"	0,526"	0,444"	0,333"	0,323"	0,159"	0,115"	0,089"	0,058"	0,022"
1	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—
2	0,2	0	0,2	0	0	0,2	0,1	0,2	0,3	0,2	0,2	0,5
3	0,3	0,1	0,4	0,1	0,2	0,3	0,2	0,9	0,5	0,5	0,5	0,5
4	0,2	0,1	0,6	0,2	0,3	0,5	0,5	1	1,5	1,2	1	3
5	0,4	0,2	0,6	0,2	0,3	0,5	0,5	1	1,9	2	2	4
6	—	—	—	—	—	—	—	—	1,9	—	2	4
7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4,5
8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5
9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5
10	0,5	0,2	0,8	0,8	0,8	1	1	2,5	2,5	3	3	5,5
19	0,5	0,5	1,2	1	1	1	1,5	4	4,5	4,7	5,5	8
30	—	0,75	1	1	1	—	1,5	4	5,2	5,5	7	9,5
40	—	0,75	—	—	—	—	1,6	—	5,5	7	8	—
62	0,5	1	1	1	1	1,5	1,6	4	5,5	7	9	11
186[1]	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	13
620[1]	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	14,5

Aus dieser Tabelle kann man zwei Arten von Curven herstellen, von denen die eine den Einfluss der Reizzahl bei gleichmässigem Reizintervall, die andere den des Intervalles bei gleichbleibender Reizzahl demonstrirt. Für die erste Art von Curven sind die Werthe zuverlässiger, da die einer Curve entsprechenden Zahlen direct hintereinander, nur unter Einschaltung der nothwendigen Pausen, also unter möglichst gleichen Bedingungen gewonnen sind. Zeichnet man sich eine solche Curvenschaar, deren Abscissen die Reizzahlen, und deren Ordinaten die Pupillenerweiterungen darstellen, so erkennt man, dass sie ein ganz ähnliches Bild geben wie diejenigen, welche den obigen Beobachtungen zu Folge den Einfluss der Reizstärke auf die Pupillenerweiterung demonstriren würden.

---

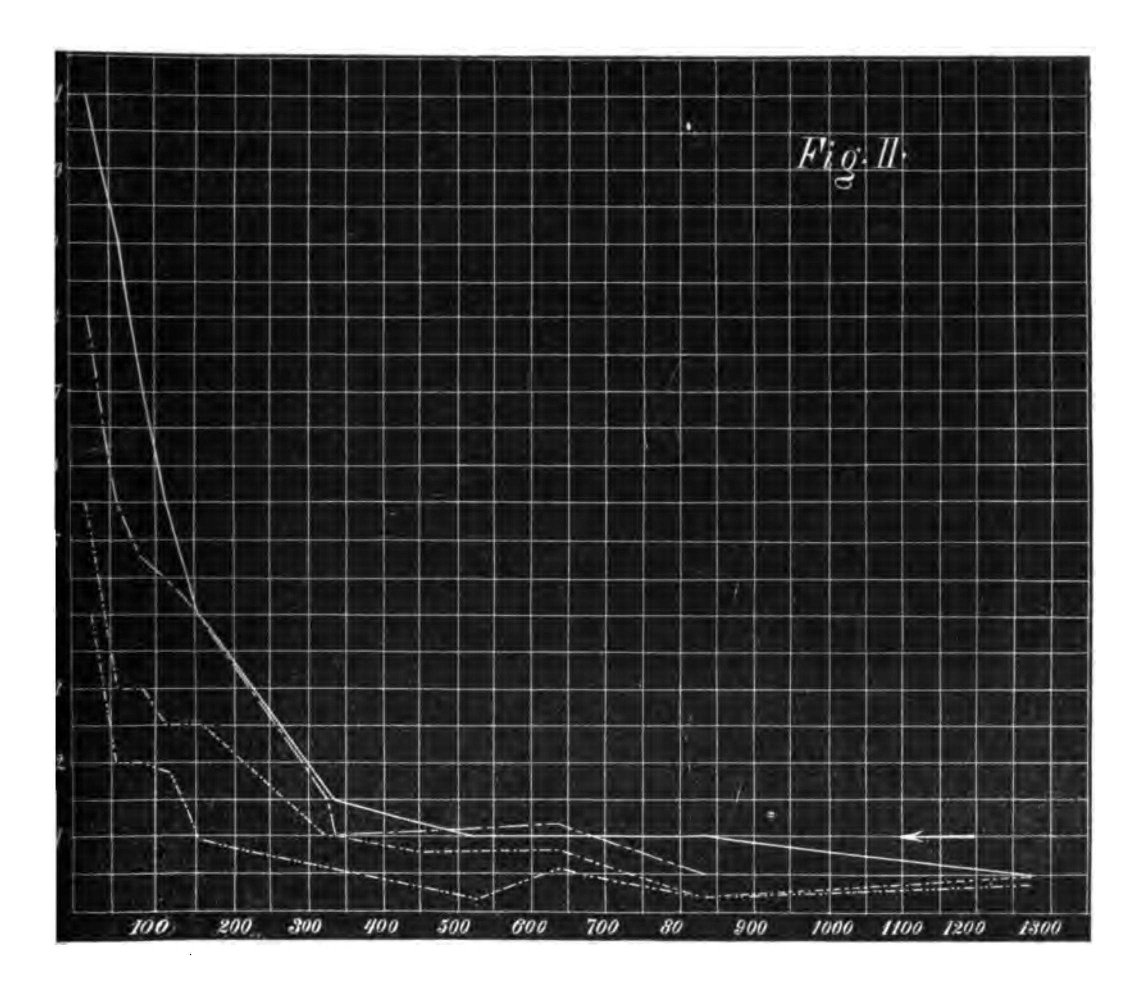
1) Nach je 62 Reizen findet hier in Folge einer Unvollkommenheit des angewandten Apparates eine kleine Pause von etwa 0,6" Dauer statt.



Auch hier steigt die Curve anfangs steiler, dann flacher bis zu einem Maximum an, um dann durch weitere Vermehrung der Schlagzahl meistens nicht mehr in die Höhe zu gehen. Dabei ist zu bemerken, dass dieses Maximum um so eher erreicht wird und um so niedriger ist, je grösser das Reizintervall genommen wurde. Der Einfluss der Reizzahl macht sich um so deutlicher bemerkbar, je kleiner die Zwischenräume sind, welche die Einzelreize von einander trennen; so findet bei der zu einem Intervall von 0,022" gehörigen Curve eine Summation noch über 62, ja, wie die Tabelle zeigt, noch über 186 Reize hinaus statt.

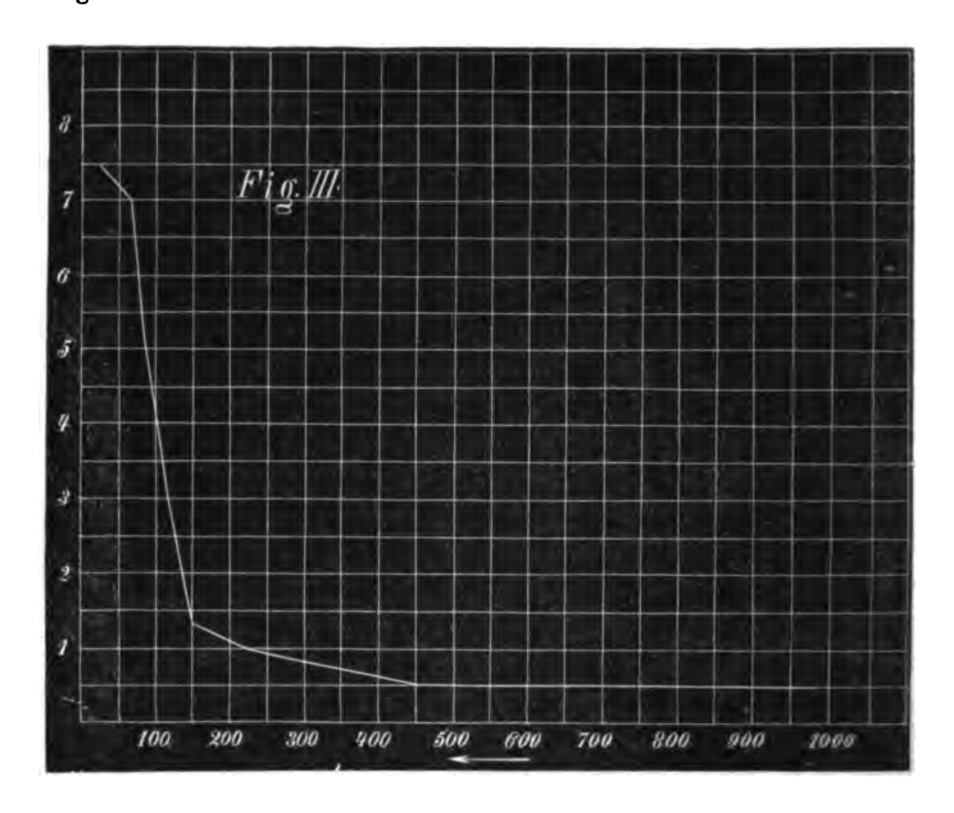
Die zweite Art von Curven, die man aus der Tabelle VII

gewinnen kann, würde den Einfluss der Reizfrequenz auf die Pupillenerweiterung darstellen. Man erhält solche Curven, indem man zu Abscissen die Reizintervalle (in den folgenden Curven in 0,001" angegeben), zu Ordinaten die zugehörigen Pupillenerweiterungen nimmt.



Diese Curven, den Reizzahlen 5, 10, 19 und 62 entsprechend, steigen (von rechts nach links gelesen) anfangs sehr langsam an, um, je grösser die Frequenz wird, um so steiler in die Höhe zu gehen. Der die Wirkung beschränkende Einfluss niederer Reizzahlen tritt in diesen Zeichnungen wieder deutlich hervor. Immerhin erscheint aber bemerkenswerth, dass selbst bei nur 5 Reizen

die Geschwindigkeit, mit welcher dieselben aufeinander folgen, von ganz unverkennbarem Einfluss ist.



Für die Zahl von 19 Reizen möge auch Fig. III, die auf Grund der Tab. VI construirt ist, die Bedeutung der Reizintervalle erläutern. Sie darf als besonders vertrauenswürdig bezeichnet werden, weil die entsprechenden Werthe hintereinander gewonnen sind.

IV. Folgerungen aus den Versuchen.

Ueberblicken wir die Resultate unserer Versuche, so müssen wir allen drei von mir untersuchten Factoren: Stromstärke, Reizzahl und Reizintervall einen deutlichen und sicheren Einfluss auf die Pupillenerweiterung zuerkennen. Variiren wir unter sonst gleichen Bedingungen, die nur so sein müssen, dass Reizintervall und Reizzahl die Wirksamkeit überhaupt verbürgen, die Stromstärke, so zeigt sich bei schwachen Strömen zunächst

gar kein Einfluss auf die Pupille. Bei einer gewissen Stromstärke beginnt die Erweiterung der Pupille und steigt mit wachsender Intensität anfangs rasch, später langsamer zu einem Maximum an, das bei weiterer Steigerung nicht überschritten wird. Minimum und Maximum liegen auffallend nahe bei einander. Aehnlich ist das Verhalten bei wechselnder Zahl der Reize (hier wieder ausreichende Intensität und genügend kurzes Intervall vorausgesetzt). Während durch einen einzelnen Inductionsschlag nur eine unsichere und höchstens minimale Wirkung erzielt werden kann, zeigt sich schon in der ersten Decade der Reizzahlen eine deutliche Summation. Die Curve der Pupillenerweiterung steigt steil an, um dann, allmählich flacher werdend, bis zu einem Maximum zu gelangen, von dem aus eine Vermehrung der Reizzahlen keinen Einfluss auf die Pupillenweite mehr ausübt.

Anders verhält sich die Pupille bei wechselnden Reizintervallen. Während bei grossen Reizintervallen eine Summation nicht stattfindet, ja auch bei etwas kleineren noch nicht deutlich ist, beginnt sie etwa bei Intervallen von 0,5″ augenscheinlich zu werden. Dann nimmt die Pupillenerweiterung mit wachsender Frequenz anfangs langsam, später sehr rapide zu. Ob und wo ein Maximum erreicht wird, kann ich nicht sagen. Jedenfalls liegt dasselbe bei Intervallen von weniger als 0,022″.

Die fast gänzliche Unwirksamkeit einzelner Inductionsschläge, die Summationswirkung mehrerer auf einander folgender Schläge, welche vorzüglich durch erhöhte Frequenz gesteigert werden kann, ähneln den Resultaten, wie sie von Stirling und Ward für die Auslösung von Reflexbewegungen durch Summation electrischer Hautreize angegeben sind. Fast vollständig aber stimmen sie überein mit dem, was Kronecker und Nicolaides[1]) bei der Reizung der Gefässnervencentra gefunden haben.

Fragt man nun nach dem Ort, wohin man die Summation der Einzelreize zu verlegen hat, so kommen in Betracht die Nervenzellen des Gangl. cerv. suprem. oder der nach der am meisten verbreiteten Auffassung durch einen glatten Muskel (M. dilatator pupillae) dargestellte Endapparat; denn dass die Summation in den Nervenfasern stattfinden sollte, ist wenig wahrscheinlich. Aus Versuchen, die ich an glatten Muskeln ausgeführt habe (Muskel-

1) Verhandlungen der Berliner physiol. Gesellschaft 16. Juli 1880.

ring aus dem Froschmagen und Harnblase des Frosches), und die ein ganz ähnliches Verhalten der glatten Musculatur bei directer Reizung zeigten, glaube ich entnehmen zu müssen, dass das Endorgan es ist, in dem die Summation der Reize stattfindet. Diese Versuche sind aber noch nicht zum Abschluss gelangt und werden im hiesigen physiologischen Institute noch weiter fortgesetzt. Uebrigens spricht für die Summation in den Muskelfasern auch die von Kronecker an der oben genannten Stelle constatirte Thatsache, dass die Summationsgesetze auch für die Reizung der peripheren Enden der durchschnittenen Splanchnici gelten.

Zum Schlusse erlaube ich mir Herrn Prof. Dr. Langendorff für die gütige Unterstützung bei dieser Arbeit, ebenso Herrn stud. med. Schatz für seine mir öfters geleistete Hülfe meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

(Aus dem Laboratorium für experimentelle Pathologie von Professor Dr. S. von Basch in Wien.)

Weitere Untersuchungen über die Innervation der Blase.

Von

Dr. **Maximilian von Zeissl,**
Privatdocent in Wien.

Mit 3 Holzschnitten.

Im Verlaufe des Schuljahres 1893 beschäftigte ich mich damit, die Untersuchungen, welche ich über die Innervation der Blase begonnen hatte, bei ähnlicher Versuchsanordnung fortzusetzen, und ist es Aufgabe der nachstehenden Zeilen, die erhaltenen Resultate bekannt zu geben.

Zunächst führte ich alle in meiner ersten Mittheilung publicirten Versuche, welche ausschliesslich an curarisirten männlichen Hunden vorgenommen worden waren, an mit Morphium unempfindlich gemachten Hunden aus. Diese Versuche sollten darüber Auskunft geben, ob die quergestreifte Muskulatur des Dammes und der Harnröhre des männlichen Hundes im Stande sei, die am curarisirten Thiere durch die electrische Reizung der Nervi hypogastrici und des Nervus erigens erzielten nur von der glatten Muskulatur ausgehenden Effecte zu modificiren. Es sei gleich hier bemerkt, dass die Versuche an mit Morphium narkotisirten Hunden bis auf ganz geringe Details die gleichen Resultate wie am curarisirten Thiere lieferten. Nach den am curarisirten Thiere gewonnenen Erfahrungen lautete die Frage, welche bei der Reizung des Erigens zu beantworten war, folgendermassen. Contrahirt sich der Detrusor und öffnet sich gleichzeitig der Sphincter? Die Detrusorwirkung war durch die Drucksteigerung des Blaseninhalts experimentell zu manifestiren und die Oeffnung des Sphincters durch die Messung der aus der Harnröhre ausströmenden Flüssig-

1) Dieses Archiv Band 53 Seite 560—575.

keit. Wie man diese beiden Erscheinungen in graphischer Darstellung zum Ausdruck bringt, zeigt die Versuchsanordnung, welche Fig. 1, Seite 563, Bd. 53 veranschaulicht. Von dieser Versuchsanordnung theile ich hier nur kurz mit, dass die durch die Zusammenziehung des Detrusors bewirkte Drucksteigerung durch ein Quecksilbermanometer und das Ausfliessen durch einen l. c. genau beschriebenen Apparat auf dem Papiere eines Kymographions registrirt wurde.

I. Versuchsreihe. Effect der Erigensreizung.

Wurde bei der erwähnten Versuchsanordnung an dem durch Morphium narkotisirten Hunde der Nervus erigens in den Reizträger gefasst und der Nerv gegen das Centrum abgeschnürt, so erfolgte bei electrischer Reizung der genannten Nerven eine deutlich wahrnehmbare Zusammenziehung des Detrusors, welche sich durch Ansteigen des Druckes im Manometer bemerkbar machte Nachdem die Zusammenziehung des Detrusors eine Zeitlang gedauert hatte, öffnete sich der Verschlussapparat der Blase und floss Flüssigkeit in das Messgefäss *G*. Das Ergebniss dieses Versuches war, so oft ich ihn auch am Morphiumthiere wiederholte, mit dem Versuche am curarisirten Thiere ganz identisch. Die gezeichneten Curven gleichen genau denen auf Seite 566, Band 53 abgebildeten, so dass wir es nicht für nöthig halten, unsere neuen am Morphiumthiere gewonnenen Curven zu produciren. Die quergestreifte Muskulatur hebt also den Effect der Erigensreizung nicht nur nicht auf, sondern sie modificirt ihn auch nicht im Geringsten. Das kann nur so gedeutet werden, dass vom Erigens keine directe Nervenleitung zur genannten quergestreiften Muskulatur geht.

II. Versuchsreihe.

Bei dem eben besprochenen Versuche kann eben so wenig wie am curarisirten, am morphinisirten Thiere der vollständige Beweis erbracht werden, dass die Oeffnung des Sphincters selbstthätig, das ist durch Erschlaffung des Sphincters erfolgt. Der Versuch lässt, wie hier wiederholt sein soll, nämlich die Möglichkeit offen, dass der durch die Zusammenziehung des Detrusors erhöhte Druck in der Blase den Sphincter öffnet. Es erschien also nöthig, auch jene Versuche am morphinisirten Thiere zu wiederholen, die am curarisirten Thiere den Beweis geliefert hatten. dass der Sphincter sich wirklich selbstthätig ohne Mithülfe des

Detrurors öffne. Bei dieser Versuchsreihe musste der Detrusor ausgeschaltet werden. Die betreffende Versuchsanordnung illustrirt Fig. 4, Seite 567, Bd. 53. Aus dieser ist ersichtlich, dass der Detrusor ausgeschaltet wurde, dass man in die eröffnete Blase ein dickes Glasrohr bis nahe an das Trigonum einführte und fest in die Blase einband. Durch die Einschaltung eines Manometers verschaffte man sich die Controlle, dass der nicht ausser Thätigkeit gesetzte Rest der Blasenmuskulatur bei der Erigensreizung zu keiner bemerkbaren Drucksteigerung Anlass giebt. Das Ausströmen der Flüssigkeit aus der Blase wurde wie in dem früheren Versuche durch den Messapparat registrirt. Wurde nun am morphinisirten Thiere der Erigens electrisch gereizt, so zeigte das Quecksilbermanometer, welches mit dem Rest der Blase in Verbindung stand, gerade so wie am curarisirten Thiere keinen Ausschlag, weil der Detrusor ausgeschaltet war. Nach wenigen Sekunden erfolgte aber Oeffnung des Sphincters. Die gezeichnete Curve glich der auf Seite 561 des Bandes 53 und entfällt bei der vollständigen Uebereinstimmung die Reproduction unserer neuen am Morphiumthier gezeichneten Curven.

III. Versuchsanordnung A.

Bezüglich der Versuchsanordnung verweise ich auf die Abbildung 6, Seite 570, Bd. 53. Die Blase wurde eröffnet, in dieselbe ein Glasrohr eingebunden und von diesem führte ein Knierohr zu unserem Messapparat. In die Harnröhre wurde ein Katheter so eingebunden, dass derselbe in der Pars prostatica oberhalb des Caput gallinaginis lag. Der Katheter war, wie aus der Abbildung ersichtlich, mit einer Druckflasche verbunden. Die Flüssigkeit konnte also in der Richtung der Pfeile — in der Abbildung — aus der Druckflasche durch den Katheter in den obersten Theil der Pars prostatica, in den Blasenrest und von hier aus durch das Knierohr *K* in das Messgefäss *G* strömen. Die Druckflasche wurde nun so gestellt, dass das Fliessen in der angedeuteten Richtung gerade aufhörte, was durch den Verschluss des Sphincters bedingt wurde. Reizte ich nun am morphinisirten Thiere den Erigens, so öffnete sich, wie beim curarisirten Thiere, der Sphincter selbstthätig und wurde auf dem Papier des Kymographion eine Curve gezeichnet, welche vollständig der Curve Fig. 5, Seite 568, Bd. 53 entsprach.

III. Versuchsreihe B (Einfluss der Erection auf die Harnröhre).

Hier wurde die eben geschilderte Anordnung im Wesentlichen beibehalten und nur in so weit modificirt, dass der Katheter mit seinem Ende im Anfangstheil der Pars bulbosa lag, oder nur ein kurzes Glasrohr in die Urethra eingebunden wurde, so erhielt ich am morphinisirten Thiere ganz die gleichen Resultate wie am curarisirten. Wurde die Druckflasche so gestellt, dass das Tropfen in das Messgefäss aufhörte, so erfolgte jetzt bei Reizung des Erigens kein Fliessen, sondern vielmehr eine Aspiration der Flüssigkeit, die im Knierohr *K* enthalten war, gegen die Blase hin. Diese Aspiration dauerte beiläufig 6 Secunden, dann hörte dieselbe auf, die Flüssigkeit sank wieder bis zum Ende des Knierohres aber erst 10—20 Secunden nachdem die Reizung des Nervus erigens aufgehört hatte, fing das Wasser aus dem mit der Urethra verbundenen Druckgefässe in der Richtung der in Figur 6 eingezeichneten Pfeile zu fliessen an. Das Ausfliessen dauerte 70—98 Secunden und hörte dann wieder ganz auf. Wurde das Druckgefäss so hoch gestellt, dass der Sphincterschluss hierdurch aufgehoben wurde und die Flüssigkeit continuirlich abfloss, so hörte das Fliessen bei Reizung des Erigens auch am morphinisirten Thiere sofort auf, und wurde eine mit Fig. 7, Seite 571, Bd. 53 vollständig identische Curve gezeichnet, so dass ich von einer Reproduction einer neuen Curve hier abstehe.

IV. Versuchsreihe. Effect der Reizung des Hypogastricus.

A. Drucksteigerung. B. Unterbrechen des Ausfliessens aus der Blase.

A) Es wurde am curarisirten männlichen Hunde der Scheitel der Blase eröffnet und in die eröffnete Blase ein weites Glasrohr eingebunden. Nach beendetem Versuche überzeugte ich mich, dass das untere Ende des Glasrohres 5 mm ober dem Caput gallinaginis in der Blase lag. Das obere Ende dieses Glasrohres (*U*) wurde mit einem Wassermanometer (*M*) in Verbindung gesetzt, so dass allenfallsige Druckschwankungen, welche durch Contraction des restirenden Blasenstückes hervorgerufen werden, durch einen in das Wassermanometer tauchenden Schwimmer (*Sch*), der einen

Schreiber trug, auf dem Papier (*P*) eines Kymographion aufgezeichnet werden konnten.

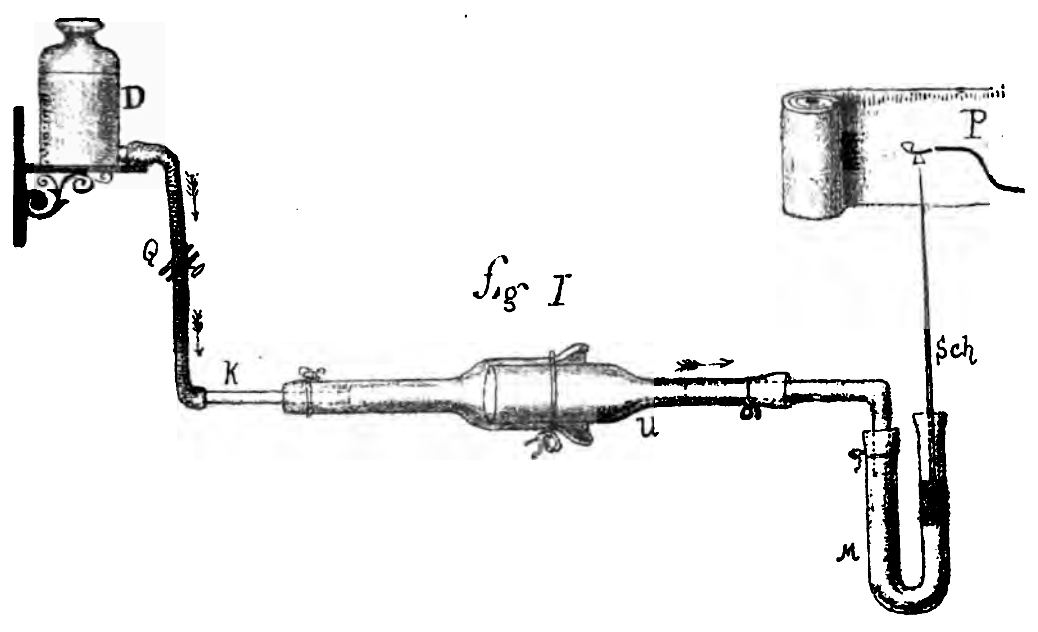
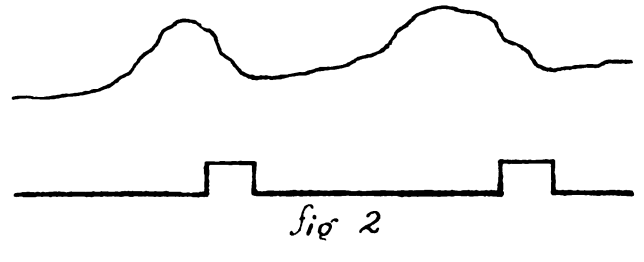


Fig. I

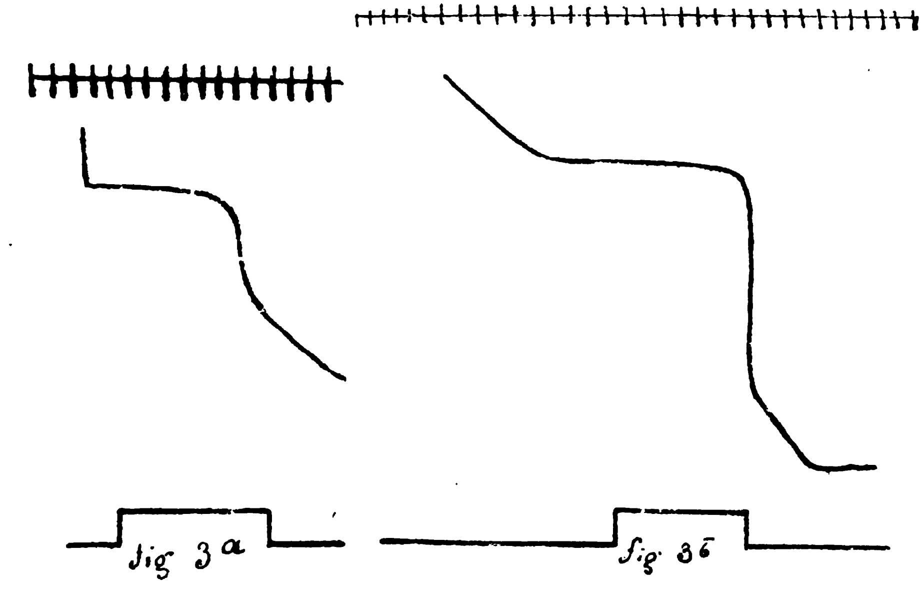
Die Harnröhre war mit einem Katheter beschickt und dieser mit einer Druckflasche (D) verbunden, welche während des Versuches durch einen Quetschhahn (Q) abgesperrt wurde. Diese Anordnung versinnlicht Fig. 1. Wurden bei dieser Versuchsanordnung beide Hypogastrici in die Reizträger gefasst und elektrisch


Fig. 2

gereizt, so erfolgte auf jede Reizung geringes Ansteigen des Schwimmers im Wassermanometer. Eine der erhaltenen Curven zeigt Fig. 2.

Die Contraction war eine so geringe, dass dieselbe bei Verwendung des weniger empfindlichen Quecksilbermanometers nicht zur Anschauung gebracht werden konnte. Eben so wenig war ich im Stande die Contraction der Ringmuskulatur der Blase bei Hypogastricusreizung graphisch zur Darstellung zu bringen, wenn ich bei geschlossener Blase eine Cantile durch den einen Ureter in den Binnenraum der gefüllten Blase einschob, und dann diese Cantile mit einem Wassermanometer in Verbindung brachte. Es ist meine Aufgabe zu erklären, warum die Hypogastricusreizung nur bei letzterer Anordnung zu einer Drucksteigerung führt, nicht aber bei jener, wo die Blase vollständig intakt ist. Wenn man bei intakter Blase die Hypogastrici reizt, so wirken gleichzeitig die in diesen Nerven enthaltenen motorischen Fasern für die Ringmuskulatur, so wie die Nervenfasern, welche den Detrusor hemmen. Das heisst, es tritt gleichzeitig mit der Contraction der Ringmuskelfasern eine Erschlaffung der Detrusoren, welche man als Längsmuskel aufzufassen hat, nach dem Gesetz der gekreuzten Innervation (v. Basch) ein. Da nun die Detrusoren durch ihre Mächtigkeit weitaus die Ringmuskelfasern übertreffen, so muss auch so lange die Blase vollständig erhalten ist, die erschlaffende Wirkung, die auf die Detrusoren geübt wird, als eine Bedingung betrachtet werden, welche den Druck in der Blase nicht nur nicht steigert, sondern herabsetzt. Dieser Bedingung gegenüber kann die zweite, das ist die durch die Contraction der Ringmuskelfasern gegebene — entsprechend dem geringen Ausmaass der Ringmuskelfasern — begreiflicher Weise nicht zum Ausdruck gelangen. Dass diese Betrachtung richtig ist, lehrt eben der Versuch. Denn schaltet man den Detrusor aus, so kann, da in dem Reste der Blase, in dem relativ mehr Ringmuskeln vorhanden sind, in der That eine Drucksteigerung zu Stande kommen. Hier überwiegt eben der durch die Hypogastricusreizung bewirkte motorische Effekt, das ist die Contraction der Ringmuskelfasern. Hiermit ist auch klar gelegt, dass in meinen früheren Versuchen nur der Sphincterschluss, nicht aber die Drucksteigerung nachgewiesen werden konnte. B) Der Verschluss des Sphincter durch Hypogastricusreizung liess sich am morphinisirten Thiere ebenso wie beim curarisirten Thiere und zwar bei der gleichen Versuchsanordnung nachweisen. Die Anordnung des Versuches war so, wie sie der Figur 4 Seite 567 Band 53 versinnlicht, nur wurde das Rohr F,

welches zum Manometer führte, durch einen Quetschhahn abgesperrt und wurde statt des Katheters am morphinisirten Hunde ein Glasrohr in die Harnröhre eingebunden und dieses mit dem Messgefäss *G* in Verbindung gesetzt. Der Scheitel der Blase wurde eröffnet und in die Blase eine Glasröhre eingebunden, welche mit der Druckflasche *D* in Verbindung stand; bei dieser Anordnung floss also Flüssigkeit aus der Druckflasche in die Blase, aus dieser in die Urethra und von hier in das Messgefäss. Die Hypogastrici wurden in die Reizträger gefasst und gegen das centrale Ende durchgeschnürt. Die Druckflasche wurde so hoch gestellt, dass langsam Wasser in der angegebenen Richtung durch die Harnröhre floss. Wurden nun die Hypogastrici bei tief morphinisirtem Thiere gereizt, so erfolgte ein Mal sofortige 12 Sekunden dauernde Unterbrechung des Fliessens des Wassers. In der Mehrzahl der Versuche aber war zunächst ein keine Sekunde dauerndes rascheres Fliessen zu sehen und dann erfolgte erst die Unterbrechung. Dies versinnlicht die in Fig. 3 dargestellte Curve.



Dieses dem Verschluss vorhergehende raschere Ausfliessen zu Beginn der Hypogastricusreizung hatte ich auch am curarisirten Hunde, bei Versuchen, welche ich nach Abschluss meiner ersten Publikation machte, benutzt. Dasselbe beruht unstreitig

darauf, dass, wie dies die früher erwähnte Drucksteigerung zeigt, von der Flüssigkeit, die sich hinter dem Sphincter befindet, durch die Contraction der Ringmukelfasern ein Theil in die Urethra hineingepresst wird. Die Ergebnisse der Versuche am morphinisirten männlichen Hunde stimmen mit denen am curarisirten Thiere vollständig überein. Erwähnt muss werden, dass nur dann, wenn das Thier tief morphinisirt war, das continuirliche Fliessen aus der Druckflasche in der Richtung von der Blase in die Harnröhre, oder aus der Harnröhre in die Blase zu Stande kam. War das Thier nicht ausreichend morphinisirt, so war ich selbst mit sehr hohem hydrostatischem Druck nicht im Stande, das Fliessen zu bewirken. Es kommt in solchen Fällen zu einem hartnäckigen Verschluss der Blase, deren Ursache man wohl in der Mitwirkung willkürlicher oder reflektorischer Akte auf die quergestreifte Muskulatur zu suchen hat.

V. Versuchsreiche. Einfluss der Reizung des centralen Endes einiger Nerven auf die Blase.

A. Reflektorische Sphincteröffnung.

Die Versuchsanordnung war die folgende. Am curarisirten Thiere wurde in der genügend bekannten Weise die linke Carotis mit dem Quecksilbermanometer in Verbindung gebracht, um den Blutdruck in derselben graphisch zur Darstellung zu bringen. Blosgelegt wurden dann die folgenden Nerven: Ischiadicus, Ulnaris, Medianus, Radialis, Phrenicus, Splanchnicus und Vagus. Jeder der betreffenden Nerven wurde gegen die Peripherie durchtrennt und das centrale Ende in einen Reizträger gefasst. In die Harnröhre wurde ein elastischer Katheter eingelegt, dessen Auge in der Pars membranacea Urethra lag, während sein Pavillonende mit dem geschilderten Messgefässe in Verbindung stand. Die Bauchhöhle wurde nicht geöffnet. Wurde nun das centrale Ende eines der genannten Nerven gereizt, so zeigte sich die Wirkung der erfolgten Nervenreizung durch Ansteigen des Arteriendruckes und verzeichnete der Schwimmer im Messgefässe das Ausfliessen von Flüssigkeit aus der Harnröhre. Es war also durch den Reiz, der auf das centrale Ende der genannten Nerven ausgeübt wurde, auf reflektorischem Wege eine Sphincteröffnung erzielt worden. Nur die Reizung des centralen Endes des Vagus hatte keine Sphincter-

öffnung hervorgerufen, obwohl ihr Einfluss auf den Druck in der Arterie sich deutlich durch Ansteigen des Blutdruckes kund gab.

B. Reflektorische Contraction des Detrusor.

Die Anordnung war wie oben mitgetheilt, nur wurde der Katheter bis in die Blase eingeführt und mit einem Quecksilbermanometer verbunden, dessen Schwimmer auf dem Papier des Kymographion den Druck im Binnenraume der Blase verzeichnete. Wieder wurden die früher genannten Nerven an ihrem centralen Ende gereizt. Bei jeder elektrischen Reizung erfolgte eine Contraction des Detrusors, welche durch Ansteigen des Druckes im Quecksilbermanometer zum Ausdruck gebracht wurde. Die Reizung des centralen Endes des Vagus ergab wieder ein negatives Resultat. Das heisst, auf reflektorischem Wege kann vom Vagus aus keine Detrusorencontraction erzielt werden.

Die Resultate meiner Versuche stimmen vollständig mit denen schon früher in dieser Richtung von anderen Experimentatoren [1]) gemachten Erfahrungen überein.

VI. Interferenzversuche.

In dieser Versuchsreihe handelte es sich darum, zu studiren, wie die gleichzeitige Reizung der Hypogastrici und des Erigens wirke. Zu diesem Zwecke wurde die Versuchsanordnung getroffen, wie sie Fig. 1, Seite 563, Band 53 zeigt. Während der Nervenreizung wurde die Verbindung mit der Druckflasche D abgesperrt. Die Nervi hypogastrici und der Nervus erigens wurden in je einen Reizträger gefasst. Es wurde nun zuerst der Effekt der isolirten Reizung jedes dieser Nerven geprüft. Wurde dann zuerst der Nervus hypogastricus gereizt und während dieser Reizung auch gleichzeitig der Erigens gereizt, so erfolgte jetzt eine geringere Contraction des Detrusors, und ebenso auch ein geringeres Ausfliessen aus der Harnröhre in das Messgefäss, als vorher, bei alleiniger Reizung des Nervus erigens. In einzelnen Versuchen kam es auch nur zu geringer Contraction des Detrusor ohne Ausfliessen aus der Harnröhre. Der Effekt der Erigensreizung wird also insoweit es sich um den Detrusor han-

---

1) P. Bert, Nussbaum, Sokowin, Mosso u. Pellacani, Nawroki und Skabitschewsky.

delt, durch gleichzeitige Hypogastricusreizung vermindert, d. i. gehemmt. Ebenso in Bezug auf die Oeffnung des Sphincters. Diese letztere kann auch vollständig unterdrückt werden. Die hemmende Wirkung der Reizung der Hypogastrici besteht nicht nur während der gleichzeitigen Reizung beider Nerven, sondern sie überdauert auch dieselbe und macht sich in sofern als Nachwirkung bemerkbar, als die alleinige Reizung des Erigens, wenn sie unmittelbar nach der des Hypogastricus vorgenommen wird, keinen vollständigen Effekt erzielt. Dieser tritt erst wieder ein, wenn zwischen der Hypogastricusreizung und der Reizung des Erigens ein längerer Zeitraum verstrichen ist. Ich unterlasse die Reproduktion der diesbezüglichen Curven, weil sie nur lehren, dass der Effekt ein verminderter ist und eine Vorstellung hierfür sich ohne Weiteres, aus den positiven Resulten ergiebt.

(Aus dem physiologischen Institut in Rostock.)

Die feineren Absonderungswege der Magendrüsen.

Von

O. Langendorff und **S. Laserstein.**

Mit 15 Abbildungen im Texte[1]).

Im Anschluss an die im 55. Bande dieses Archivs veröffentlichten Untersuchungen über die Secretionswege in den Speicheldrüsen und im Pancreas haben wir im Sommer 1893 auch die Drüsen der Magenschleimhaut nach dem Golgi'schen

1) Alle Zeichnungen sind mittelst der Oberhäuser'schen Camera lucida und mit Benutzung der Ocularvergrösserung derselben (etwa Hartnack Oc. IV entsprechend) entworfen. In Fig. 1 und Fig. 2 sind die Einzelheiten schematisirt.

Silberverfahren behandelt. Im Beginn unserer Untersuchung erhielten wir Kenntniss von der schon im Februar 1892 erschienenen Mittheilung von Erik Müller (1) über denselben Gegenstand, und als wir unsere Beobachtungen bereits zur Veröffentlichung zusammen stellten, erschien die Abhandlung über die feinere Structur der Magendrüsen von Golgi (2), der unabhängig von Müller zu ähnlichen Ergebnissen gelangt war. Wenn wir dennoch nicht zögern, auch unsere Untersuchungen bekannt zu geben, so liegt dies daran, dass wir, zwar in den wesentlichsten Punkten mit den genannten Beobachtern übereinstimmend, die Untersuchung in gewisser Richtung haben erweitern können. Insbesondere haben wir neben der von diesen Forschern allein berücksichtigten Fundusschleimhaut der Säugethiere auch die des Pylorus sowie den Magen der Batrachier untersucht.

Die Behandlung der dem eben getödteten Thiere (Hund, Katze, Kaninchen, Frosch, Salamander) entnommenen Schleimhaut geschah in bekannter Weise, nach dem schnellen Verfahren von Golgi. Paraffineinbettung lieferte keine guten Ergebnisse; auch das Auflegen selbst gestützter Deckgläser auf die Präparate erwies sich als schädlich und deshalb nur für kurz dauernde Beobachtung zulässig.

Durchmustert man, nachdem die Silberlösung 1—2 Tage auf die einem Säugethiermagen entnommenen Stückchen der Fundusschleimhaut eingewirkt hat, dickere Schnitte mit schwachen Vergrösserungen, so erhält man ein zuerst durchaus überraschendes Bild. Von den an einem Theil der Drüsen schwarz gefärbten centralen Gängen sieht man zahlreiche, oft rechtwinklig abgehende Kanälchen entspringen, die sich nach der Peripherie der Drüsenschläuche begeben und in characteristischen Verzweigungen an bezw. in den Belegzellen ihr Ende finden. (Siehe Fig. 1.)

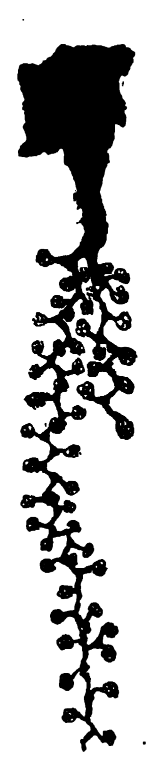


Fig. 1.
Fundusschleimhaut.
Katze. Winkel Obj. 7.

Statt durch ein Seitenästchen hängen die gleich näher zu erwähnenden Endgebilde, wie schon Golgi hervorgehoben hat, mit dem Hauptgang hier und da durch mehrere Nebenkanälchen zusammen.

Dass nur die Belegzellen solche Seitenäste empfangen, ist leicht festzustellen. Treten doch jene, besonders an Präparaten, die mit Xylol aufgehellt sind, oft scharf genug hervor, um jeden Zweifel daran zu beseitigen. Auch steht die Zahl der Aestchen (an vollständig gefärbten Stellen) im Verhältniss zur Reichlichkeit der Belegzellen, so dass sie im Drüsenhalse ganz dicht stehen, während sie im Drüsengrunde weit spärlicher sind. Die Seitenkanälchen endigen, indem sie sich mehrfach theilen, entweder frei oder unter Anastomosenbildung in der Form von korbähnlichen Geflechten (Kapillarkörbchen von Müller) oder Endnetzen (Golgi), oder als einfachere Endschleifen und -schlingen. Sind Endkörbchen vorhanden, so erinnert das Bild eines mit seinen Anhängen versehenen Drüsenganges entfernt an das der Rami interlobulares der Nierenarterie mit den an ihren Seitenzweigen hängenden Glomeruli, wie man es an Schnitten durch injicirte Nieren wahrnimmt. Solche korbähnliche Gebilde stellt Fig. 2 bei stärkerer Vergrösserung dar.



Fig. 2. Fundus. Katze. Leitz Obj. 7.

Wir haben aber in nicht seltenen Fällen und unter Bedingungen, unter denen uns eine Unvollständigkeit der Färbung nicht wahrscheinlich schien, nicht Körbe oder Netze, sondern, wie schon erwähnt, nur mehrfache spitzwinklige Theilungen der Seitenästchen gesehen (Fig. 3), oder eine so einfache Anastomosenbildung der verzweigten Aestchen, dass man füglich nur von Endschleifen oder Endschlingen reden konnte.



Fig. 3. Fundus. Hund. Leitz Obj. 7.

Mögen nun die Endverzweigungen die eine oder die andere Gestalt annehmen, meistens ist leicht festzustellen, dass sie nicht in einer Ebene liegen; ihre einzelnen Glieder erscheinen nicht alle bei derselben Einstellung des Mikroskops gleich deutlich. E. Müller ist, vielleicht gerade wegen dieses Verhaltens, der Meinung gewesen, dass die Endkörbchen die ganze Zelle umschliessen, dass sie nur ober-

flächlich derselben aufliegen, also pericelluläre, zwischen den Belegzellen und der Drüsenmembran gelegene Kanäle darstellen. Weniger bestimmt äussert sich darüber Golgi, der schon für die gewöhnlichen Fälle ein flaches Eindringen des Netzes in die Zellsubstanz zugebend, ausnahmsweise eine tiefe intracelluläre Lage desselben beobachtet hat.

Wir sind der Meinung, dass es sich, wenn nicht immer, so doch in der weitaus grössten Zahl der Fälle um Kanälchensysteme handelt, die innerhalb des Zellleibes gelegen sind. Entscheidend für diese Auffassung erscheint uns der meistens gelingende Nachweis, dass um das ganze, durch seine dunkle Färbung scharf gekennzeichnete Gebilde ein deutlich erkennbarer, bald mehr bald minder breiter Rand von verästelungsfreier Zellsubstanz liegt. Lägen die Endkörbe pericellulär oder selbst nur in den alleräussersten Protoplasmaschichten, so wäre ein solches Bild unmöglich. In Fig. 4 sind zwei Zellen abgebildet, in denen die umgebende Protoplasmazone sehr breit erschien. Das ist nicht immer in diesem Masse der Fall. Dass sie aber auch in Müller's Präparaten nicht gefehlt haben kann, beweist seine Fig. 6, S. 70. Bei der Magenschleimhaut des Kaninchens scheint uns übrigens der Nachweis der intracellulären Lage der Körbchen schwerer zu führen, als bei der der Katze und des Hundes.

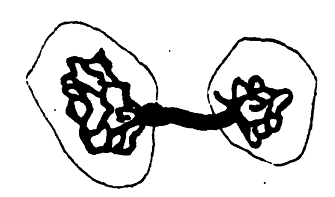


Fig. 4. Fundus. Ktze. Leitz Obj 7.

In Uebereinstimmung mit unsern beiden Vorgängern haben wir, wie erwähnt, gefunden, dass die Seitenäste des Drüsenganges nur zu den Belegzellen hingehn, die Endverflechtung nur in diesen stattfindet. Die Hauptzellen zeigen keinerlei Gänge dieser Art. Danach wird es nur natürlich erscheinen, dass das Bild, das man durch die Silbermethode gewinnt, in der Pylorusschleimhaut ein wesentlich anderes ist, als im Magenfundus. Nur die centralen Drüsengänge zeigen sich hier schwarz gefärbt, von Seitenästen oder innerhalb der Zellen gelegenen Gängen ist nichts zu sehen Die Drüsenlumina treten besonders an dickeren Schnitten in ihrer ganzen Ausdehnung deutlich hervor. Sie sind selten ganz gerade,

meist leicht geschlängelt, zuweilen geradezu spiralig gedreht. (Siehe Figur 5—7.)

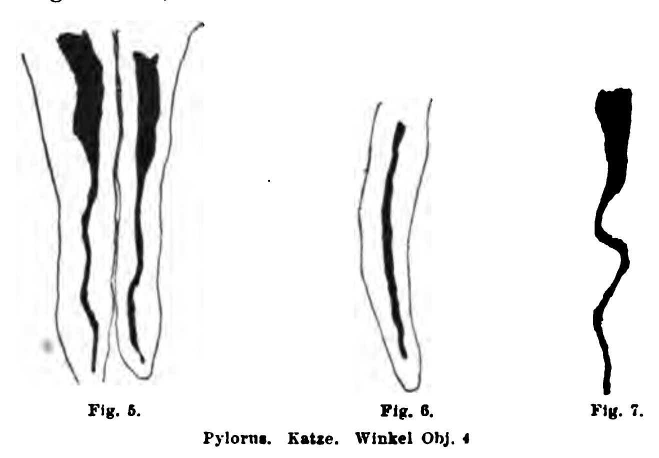


Fig. 5. Fig. 6. Fig. 7.
Pylorus. Katze. Winkel Obj. 4

Auf Grund der mitgetheilten Befunde an der Fundusschleimhaut einerseits und an den Pylorusdrüsen andererseits, waren wir darauf gespannt, wie sich die Verhältnisse in den Magendrüsen der Batrachier zeigen würden. Auch hier findet sich nur, wie im Pylorus der Säuger, ein einartiges Epithel; aber die Drüsenzellen entsprechen bekanntlich eher den Belegzellen als den Haupt- und Pyloruszellen der Säugethiere. Finden sich hier einfache, unverästelte Centralgänge, oder steht jede Epithelzelle der Schläuche durch einen den Belegzellenkörben ähnlichen Absonderungsapparat mit dem Lumen in Verbindung?

Die Untersuchung, zu der die Magenschleimhaut von Rana esculenta und von Salamandra maculosa verwendet wurde, zeigte, dass keines von beiden der Fall ist. Die verhältnissmässig weiten Drüsenlumina färben sich hier sehr leicht. Von ihnen sieht man Seitenzweige ausgehn, die, wenigstens beim Frosch, im Drüsengrunde oft reichlicher zu sein pflegen, als an andern Stellen. Meistens sind sie kurz und nicht erheblich dünner als der centrale Canal, dem sie entstammen. Sie zeigen hin und wieder eine einmalige Theilung, enden meist stumpf und machen nicht selten den Eindruck knolliger Auswüchse des Drüsenganges. Fig. 8—10 geben Bilder dieser Art wieder, die von der Magenschleimhaut des Frosches gewonnen sind; Fig. 11—12 entstammen dem Salamandermagen, und sind bei schwacher Vergrösserung gezeichnet. Fig. 13—15,

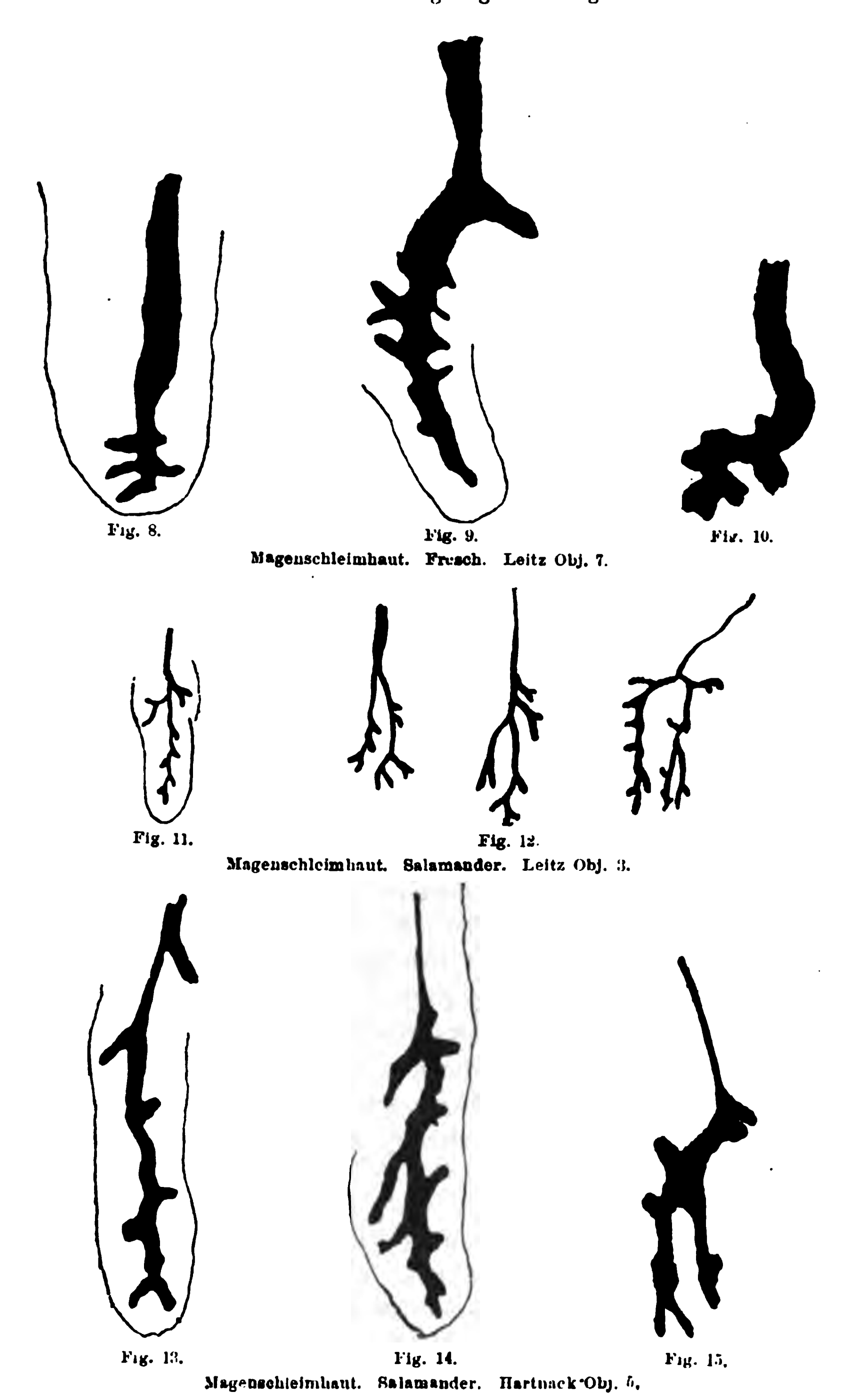


Fig. 8. Fig. 9. Fig. 10.

Magenschleimhaut. Frosch. Leitz Obj. 7.

Fig. 11. Fig. 12.

Magenschleimhaut. Salamander. Leitz Obj. 3.

Fig. 13. Fig. 14. Fig. 15.

Magenschleimhaut. Salamander. Hartnack Obj. 5.

die von demselben Objekte herrühren, geben bei stärkerer Vergrösserung gesehene Bilder wieder.

Nur zum kleinen Theile entsprechen, wie man leicht erkennt, die Verästelungen den Theilungen der Drüsenschläuche. Die in Fig. 11, 13 und 14 gezeichneten Grenzen der Drüsen zeigen deutlich, dass das erwähnte Geäst sich innerhalb der einzelnen Schläuche vorfindet. Weiter lässt sich feststellen, dass diese Seitenzweige oder Ausbuchtungen des Drüsenlumens nicht, wie es uns Anfangs wohl schien, sich zwischen die Epithelzellen eindrängen, sondern dass sie in die Zellen selbst hinein gehn, ja geradezu einen Theil ihres Leibes bilden. Sie setzen sich übrigens, wie es scheint, niemals bis zur Membrana propria fort, sondern machen bald ein kürzeres, bald ein längeres Stück davon Halt. Zum Kern treten sie nicht in Beziehung, gehen vielmehr bei ihm vorbei. So ungewöhnlich und seltsam dieses Verhalten auch erscheinen mag, so ist doch ein Zweifel daran nicht möglich. Die Grösse der Gewebselemente, besonders beim Salamander, lässt die Verhältnisse mit genügender Klarheit überblicken. Und so zweifeln wir nicht daran, dass wir es hier mit Gebilden zu thun haben, die, zunächst in funktioneller Beziehung, den oben geschilderten Endkanälchen der Belegzellen im Säugethiermagen entsprechen, sich aber von ihnen dadurch unterscheiden, dass sie weit einfacher gestaltet sind; dass demselben Zwecke, den bei der höheren Thierklasse ein komplizirtes, verzweigtes und Anastomosennetze bildendes Kanälchensystem erfüllt, in der niederen Klasse ein einfacher, plumper, selten sich einmal gabelnder Kanal dient. Besonders bemerkenswerth erscheint dabei der Umstand, dass, während im Säugethiermagen die geschilderten Kanäle dazu dienen, die mit der Hauptmasse ihres Leibes entfernt vom Lumen der Drüsen liegenden Belegzellen mit ihm zu verbinden, im Frosch und Salamandermagen breite Sekretstrassen der geschilderten Art vorhanden sind, obwohl eine jede der Epithelzellen das Drüsenlumen direkt berührt.

Die von uns und unsern Vorgängern an den Magendrüsen erhobenen Befunde dürften nicht nur ein morphologisches Interesse darbieten; es scheint uns, als ob ihre Bedeutung auch für die Physiologie nicht gering anzuschlagen sei. In erster Linie dürfte ohne Weiteres zugegeben werden, dass es sich um eine Färbung der

Absonderungswege, der gröberen und der feineren, handelt. Wir drücken uns absichtlich so aus und sprechen auch dort, wo es sich um die für die Fundusschleimhaut der Säugethiere beschriebenen Bilder handelt, nicht von Secretionscapillaren; denn während der von uns gewählte Ausdruck nur andeuten soll, dass durch das Versilberungsverfahren der Weg bezeichnet sei, den das Secret der Drüsenepithelien nimmt, würde der Ausdruck „Capillaren" den Begriff präformirter Secretbehälter oder -röhren einschliessen. Ob es um solche sich handelt, erscheint uns aber, wenigstens so weit es sich um die Endverzweigungen handelt, doch zweifelhaft. Beständen pericelluläre Endkörbe, wie Müller sie annimmt, so wäre schon eher an solche Dinge zu denken. Da uns aber die intracelluläre Lage derselben ausser Zweifel ist, so müssten wir schon eine sehr bedeutende Complicirtheit der Zellstructur voraussetzen, um die Existenz solcher Bildungen zu verstehen. Nimmt man dagegen an, dass die in Rede stehenden netz- oder korbförmigen Verästelungen gewissermassen zufällige Bahnen sind, auf denen das Secret der Drüsenzellen sich ergiesst, so ist die Schwierigkeit des Verständnisses, wie uns scheint, nicht so gross. Es wäre nicht schwer, sich vorzustellen, dass ein Secretstrom, der innerhalb einer Zelle seinen Anfang nimmt, so eigenthümliche Wege einschlägt. Wenn er nicht Pfützen oder Seen bildet, wird er gar nicht anders laufen können, als so, wie die Bilder es darstellen, also in feineren Rinnsalen beginnend, die zu stärkeren Bächen sich vereinigend schliesslich alle in einen Hauptstrom münden. Die meist vorhandenen, oft aber auch fehlenden Anastomosen, die zur Korb- und Netzbildung führen, würden der Erklärung auch keine Schwierigkeit bereiten. Andererseits spricht gegen die Annahme präformirter Bahnen gerade die Unbeständigkeit ihrer Form, die vermuthlich noch deutlicher hervortreten würde, wenn man im Besitz eines unfehlbaren Färbeverfahrens wäre, das niemals Structurverschiedenheiten vortäuschen könnte, wo vielleicht nur Tinctionsmängel vorliegen. Auch die Beobachtungen an den Salamander- und Froschdrüsen sprechen gegen die Annahme präformirter Secretionskanäle. Hier dringt die Färbung in breitem Strome vom Centralraum in die Zellsubstanz derartig ein, dass sie einen beträchtlichen Theil des Zellleibes in Anspruch nimmt. Von solchen groben Verhältnissen müsste man, wenn sie in der Structur, nicht allein in chemischen Differenzen ihren Grund hätten, auch an Prä-

paraten etwas sehen, die mit den gewöhnlichen formerhaltenden Methoden hergestellt und in üblicher Weise gefärbt sind. Wir haben uns darum bis jetzt vergeblich bemüht; das einzige, was wir dahin deuten könnten, wäre das häufige Vorkommen von Vacuolen, denen wir in den Epithelzellen der Salamanderdrüsen begegnet sind.

Wir werden uns demgemäss vorläufig damit begnügen müssen, den Weg nachgewiesen zu haben, den das Secret der Belegzellen einschlägt, nicht nur nachdem es seinen Ursprungsort verlassen hat, und während es dem Sammelraum zustrebt, sondern auch den Weg, die es in der Zelle selbst sich bahnt oder den es hier zu nehmen gezwungen ist.

Unserer Auffassung nach würde somit das Ergebniss unserer und der ihnen vorausgehenden Beobachtungen dahin zu formuliren sein, dass in den Belegzellen eine Art von Drainagesystem existirt, das zur Ableitung des in den Zellen entstehenden Flüssigkeitsstromes dient; dass aber die mit einander communicirenden Furchen und Kanäle, die diesem Zwecke dienen, nicht vorher gegrabene, während der Ruhe der Zelle leere, während ihrer Thätigkeit sich füllende Wege sind, sondern dass sie durch die sozusagen natürlichen Abflusswege dargestellt werden, in denen der Flüssigkeitsüberschuss sich sammelt und abströmt, und die somit im Ruhezustand der Zelle gar nicht existiren. Wenn man nun aber die Frage aufwirft, wie es denn komme, dass die Belegzellen ihr Secret gerade in den Drüsengang und nicht beliebig anderswohin ergiessen, so ist auf die von Stöhr(3), Moschner(4) u. A. beschriebenen „Fortsätze" der Belegzellen hinzuweisen, durch die sie mit dem Drüsenlumen in Kontakt treten. In ihnen dürften in der That präformirte Bahnen zu sehen sein, die der Secretleitung dienen, also wahre Ausbuchtungen des Drüsenlumens, die bis an die Belegzellen herangehen und allem Anschein nach Wandungen besitzen, die mit deren Protoplasma verbunden sind. Mit dem Inhalt dieser Kanäle scheinen uns die bei den Präparaten als quere Verbindungen zwischen Drüsengang und Endkörbchen erscheinenden Gebilde identisch zu sein.

Auch E. Müller spricht sich bezüglich der Stöhr'schen Zellenausläufer dahin aus, dass sie vermuthlich „nicht dem Zellkörper, sondern dem Drüsenlumen angehören, von diesem ausgehende intercelluläre Drüsengänge sind", und er hält die Frage

über das bisher zweifelhafte Verhältniss der Belegzellen zum Lumen durch die von ihm aufgedeckten Structurverhältnisse für gelöst, indem er die Stöhr'schen Zellenausläufer den Querkanälchen der Golgi-Präparate entsprechen lässt. Bekanntlich hat übrigens Edinger (5) zuerst die auch von ihm gesehenen Fortsätze als zwischen den Zellen verlaufende Secretströme gedeutet. Unsere Deutung dürfte zwischen ihm und Stöhr insofern vermitteln, als wir einerseits unsere Querkanälchen allerdings als Secretströme deuten, die unserer Ansicht nach hohlen Stöhr'schen Fortsätze aber als die Kanalwände ansehen, innerhalb deren sie fliessen.

Noch einige andere physiologische Fragen seien hier schliesslich berührt:

Bekanntlich haben früher hervorragende Forscher der Ansicht gehuldigt, dass bei der Absonderung des Magensaftes die Belegzellen aus den Drüsen ausgestossen werden. Trotz der dagegen besonders von Heidenhain (6) erhobenen Bedenken hat diese Meinung auch noch in neuerer Zeit Vertheidiger gefunden. Durch unsere Befunde wird sie gründlich widerlegt; es wäre in der That nicht zu begreifen, dass Drüsenzellen, die mit so vollkommenen Ableitungsvorrichtungen für ihr Secret ausgestattet sind, um ihr Produkt freizugeben, ausgeschieden und zerstört werden müssten.

Nachdem schon Müller darauf hingewiesen hat, wie zweckmässig es ist, dass die abseits vom Lumen der Drüse gelegenen Belegzellen auf besonderen Absonderungsbahnen ihr Secret in den Drüsenraum ergiessen können, bedarf dieser Punkt kaum noch besonderer Erwähnung. Die Analogie dieses Verhaltens zu dem der Halbmondzellen in den Schleimspeicheldrüsen, auf das Retzius und der Eine von uns aufmerksam gemacht haben, ist augenfällig.

Functionelle Verschiedenheiten der Silberbilder an den Fundusdrüsen hat bereits Golgi beschrieben. Er hat gezeigt, dass im hungernden Magen die Secretnetze der Belegzellen weit weniger ausgedehnt und gefüllt sind, als in dem zu lebhafter Verdauungsthätigkeit angeregten. Wir haben in nüchternen Säugermägen zuweilen nur die Drüsenlumina und deren quere Seitenäste färben können, von den feinen Netzen aber nichts gesehen. Sehr bemerkenswerth sind uns aber die Erfahrungen erschienen, die wir am Salamandermagen gemacht haben. Während im nüchternen Zustand die Zahl der gefärbten Gänge einerseits nicht gross,

andererseits ihre Mächtigkeit und ihre Astbildung gering war, sahen wir 24 Stunden nach der Fütterung an dem in voller Verdauungsarbeit befindlichen Magen sehr reichliche und breite, mit dicken und zahlreichen Aesten ausgestattete Secretwege erscheinen. Wir müssen daraus entnehmen, dass, wenn die Magenschleimhaut aus dem Zustand relativer Ruhe in den der Thätigkeit übergeht, nicht nur die Zahl der absondernden Drüsenschläuche grösser wird, sondern auch die Zahl der innerhalb der einzelnen thätigen Drüsen in Thätigkeit befindlichen Epithelzellen. Natürlich ist diese Folgerung nur dann zulässig, wenn man annehmen darf, dass die Versilberungsmethode ein im Wesentliches treues Bild von der secretorischen Thätigkeit der Schleimhaut giebt. Manche werden geneigt sein, diese Voraussetzung nicht anzuerkennen; indessen ist es uns wahrscheinlich, dass in den Drüsen, wie auch im Centralnervensystem (hier freilich in anderem Sinne) das Gelingen der Golgi-Färbung weit weniger, als man gewöhnlich annimmt, an einen launischen Zufall, sondern hauptsächlich an den Activitätszustand der zu färbenden Gebilde gebunden ist. Freilich existirt noch keine befriedigende Theorie des genannten Färbeverfahrens, und bis man eine solche besitzt, wird man wohl in eine nähere Erörterung dieses Gegenstandes nicht eintreten können.

Angeführte Literatur.

1) Erik Müller, Zur Kenntniss der Labdrüsen der Magenschleimhaut. Verhandl. des Biolog. Vereins in Stockholm. Bd. IV. Heft 5. Febr. 1892.

2) C. Golgi, Sur la fine organisation des glandes peptiques des mammifères. Arch. ital. de Biologie. T. XIX. fasc. 5. 1883. p. 448.

3) Ph. Stöhr, Zur Kenntniss des feineren Baues der menschlichen Magenschleimhaut. Arch. f. mikr. Anat. Bd. XX. S. 221.

4) P. Moschner, Beiträge zur Histologie der Magenschleimhaut. Dissert. Breslau 1885.

5) L. Edinger, Zur Kenntniss der Drüsenzellen des Magens, besonders beim Menschen. Arch. f. mikr. Anat. Bd. XVII. S. 193.

6) Vgl. darüber Heidenhain: Physiologie der Absonderungsvorgänge in Hermann's Handbuch der Physiologie. Bd. V. I. Theil. S. 139.

(Aus dem physiologischen Institut zu Breslau.)

Kritisches und Experimentelles zur Frage nach der Säurebildung im Muskel bei der Todtenstarre.

Von

F. Röhmann.

An die von du Bois-Reymond gemachte Beobachtung, dass sowohl der tetanisirte wie der todtenstarre Muskel blaues Lakmuspapier stark röthet, knüpften sich bekanntermassen zwei, häufig nicht genügend von einander getrennte Fragen, nämlich die nach der Natur derjenigen Säure, welche bei der Thätigkeit und bei der Todtenstarre entsteht und die Frage, welche Säure es ist, die das blaue Lakmuspapier röthet.

du Bois-Reymond vermuthete, dass jene Säure in beiden Fällen Milchsäure sei. Den Beweis dafür, dass die bei der Todtenstarre entstehende Säure wirklich Milchsäure ist, lieferte R. Böhm. Dass dieselbe Säure beim Tetanus entsteht, zeigte zuerst W. Marcuse. Von der Identität beider Säuren überzeugte sich auch M. Werther.

Ich selbst habe weiterhin aus dem Verhalten, welches sowohl der todtenstarre wie tetanisirte Muskel zu blauem Lakmoid papier zeigt, geschlossen, dass die Milchsäure nicht die Säure sein kann, welche die Röthung des blauen Lakmuspapiers bedingt. Milchsäure röthet schon in einer 0,01% Lösung blaues Lakmoidpapier. Wäre daher diejenige Säure, auf deren Wirkung die Rothfärbung des blauen Lakmuspapiers beruht, Milchsäure, so müsste auch das blaue Lakmoidpapier geröthet werden.

Nun sind neuerdings gerade aus dem Laboratorium von R. Böhm zwei Arbeiten erschienen, die eine von R. Blome[1]), die andere von Arthur Heffter[2]), welche sich in vollen Gegen-

---

1) R. Blome, Beiträge zur Chemie des quergestreiften Muskels. Arch. f. exp. Path. 1891. Bd. 28. S. 113.

2) Arthur Heffter, Beiträge zur Chemie des quergestreiften Muskels

satz zu den soeben angeführten, sicher constatirten Thatsachen setzen. Blome behauptet, „dass bei der Starre keine Bildung von Säure stattgefunden habe und dass der frische Muskel genau die gleiche Menge freier Säure aufweise, als der starre.“ Heffter bestätigt die Angaben von Blome und kommt durch weitere Versuche im Gegensatz zu den Resultaten Böhm's zu dem Schluss, dass bei der Todtenstarre keine Milchsäure entsteht. Heffter glaubt ausserdem zeigen zu können, dass im Muskel stets freie Milchsäure enthalten ist.

Diese Angaben stützen sich auf Methoden, die im Folgenden einer eingehenden Prüfung unterzogen werden sollen.

Blome übergiesst die in der Fleischmaschine zerhackten Muskeln mit 96%igem Alkohol und filtrirt den Alkohol nach einiger Zeit ab. Die Muskelmasse bringt er in einen Soxhlet'schen Apparat, an dem er den Kolben mit dem vorher von den Muskeln abfiltrirten Alkohol befestigt. Der Kolben wird erhitzt, der verdampfende und sich wieder verdichtende Alkohol dient zur völligen Erschöpfung der Muskeln. Nach beendigter Extraction bestimmte Blome in dem Alkoholextract noch Zusatz von Phenolphtalein die Acidität durch Titriren mit $^1/_{10}$ N. Natronlauge.

Meine Bedenken gegen diese Methode habe ich bereits früher[1]) geltend gemacht: „Das Monophosphat reagirt für Phenolphtalein „sauer. Es war unzweifelhaft diejenige Substanz, welche Blome „in seinem Alkoholextracte titrirte. Dass er hierbei immer an„nähernd die gleichen Zahlen fand, erklärt sich in sehr einfacher „Weise. Monokaliumphosphat ist im Alkohol nur nach Massgabe „seines Wassergehaltes löslich. Blome verwendete für die Ex„traction einer bestimmten Menge von Muskeln immer die gleiche „entsprechende Menge Alkohol. Durch Aufnahme von Wasser aus „den Muskeln wird er nach seiner Angabe 82—85-prozentig.

„Wenn nun die Menge Kaliummonophosphat, welche sich in „dem mit der Fleischmaschine zerhackten, vor dem Zerhacken nicht „starren Muskel findet, in ihrer Gesammtmenge grösser ist, als dem „Lösungsvermögen des Alkohols entspricht, so wird zwar der Al-

mit Berücksichtigung der Todtenstarre und einiger Vergiftungen. Ebenda 1893. Bd. 31. S. 225.

1) F. Röhmann, Ueber die Reaction der quergestreiften Muskeln. Dies. Arch. 1891. Bd. 50. S. 97.

„kohol eine gewisse Menge von Monophosphat enthalten, die sich „durch Titriren mit Phenolphtalein leicht bestimmen lässt, dieselbe „bleibt aber natürlich im frischen und starren Muskel dieselbe. Der „in seiner Menge wechselnde Ueberschuss des Monophosphats bleibt „in den Muskeln.“

Heffter versucht nun nachzuweisen, dass meine Annahme, die Acidität des Alkoholextractes von Blome sei durch Monokaliumphosphat bedingt gewesen, unrichtig sei. Er versetzt den Alkoholextract „direct“ mit Magnesiamischung und erhält nur ganz minimale Niederschläge von Magnesiumammoniumphosphat. Nun werden aber, was Heffter übersehen zu haben scheint, die Phosphate aus alkoholischen Lösungen durch Chlormagnesiummischung überhaupt nicht oder nur unvollkommen gefällt. Das Ausbleiben der Fällung beweist also nicht die Abwesenheit der Phosphate. Ueberdies ist das Extractionsverfahren von Heffter mit dem von Blome durchaus nicht identisch. Heffter filtrirt den ersten, wesentlich zur Härtung der Muskeln dienenden Alkohol ab und vereinigt den entwässerten Alkohol-Rückstand mit der Muskelmasse. Erst dann beginnt die Extraction mit 96% Alkohol. Der Alkohol bleibt also annähernd 96 prozentig, während er bei Blome durch Aufnahme des Wassers aus den Muskeln nur 82—85 prozentig war. Dies ist aber für den Gehalt an Phosphaten nicht gleichgültig, wie der folgende Versuch beweist.

Versuch vom 27. Januar 1891.

Mononatriumphosphat, welches bei 120—130° getrocknet worden war, wird

1) mit siedendem absoluten Alkohol[1]) erhitzt

50 ccm des alkoholischen Filtrats erfordern zur Neutralisation für Phenolphtalein

a) 0,85 ccm $^1/_{10}$ N. NaOH

b) 0,80 ccm „ „

2) mit 85 % Alkohol erhitzt

50 ccm des alkoholischen Filtrats erfordern zur Neutralisation für Phenolphtalein

a) 12,1 ccm $^1/_{10}$ N. NaOH

b) 11,5 ccm „ „

---

1) 50 ccm des Alkohols erfordern nach Zusatz von Phenolphtalein 0,15 ccm $^1/_{10}$ N. NaOH bis zum Eintritt der Rothfärbung.

Das Dinatriumphosphat ist in Alkohol viel schwerer löslich. 85% Alkohol löst dasselbe nicht merklich, es scheidet sich daher beim Neutralisiren der alkoholischen Monophosphatlösung aus.

Selbst wenn also Heffter in seinen Extracten nur Spuren von Phosphaten finden würde, so würde dies meine Kritik der Blome'schen Methode nicht beeinflussen.

Ich will aber doch noch einige Versuche mittheilen, die mich seiner Zeit wesentlich mit zur Kritik der Blome'schen Methode veranlasst hatten.

In diesen Versuchen wurden die Muskeln mit Wasser ausgekocht. Der Wasserextract wurde eingedampft und mit Alkohol gefällt. Es wurden nun sowohl der Alkoholextract nach dem Verdunsten des Alkohols, sowie die durch Alkohol erzeugte Fällung nach dem Lösen in Wasser mit $^1/_{10}$ Normalnatronlauge unter Anwendung von Phenolphtalein und mit $^1/_{10}$ Normalschwefelsäure unter Anwendung von blauem Lakmoid titrirt.

Versuch I.

Muskeln vom Hunde.

A. 30 gr Muskeln werden unmittelbar nach dem Tode des Thieres, unzerhackt in siedendes Wasser geworfen, längere Zeit gekocht, in der Reibschale zerquetscht, in das Wasser zurückgebracht, wieder gekocht. Das Wasser wird abgegossen, die Muskeln wiederholt mit neuen Mengen Wasser extrahirt. Die vereinigten Wasserextracte werden auf ein kleines Volumen eingedampft und mit 92% Alcohol gefällt, der Niederschlag mit Alkohol gewaschen. Der Alkohol wird verdunstet. Der Alkoholextract, sowie die Alkoholfällung werden in Wasser gelöst und zur Entfernung des Alkohols mit Wasser abgedampft.

a) Alkoholextract, in Wasser gelöst.
Vol. 110 ccm.
25 ccm mit Phenolphtalein 1,5 ccm $^1/_{10}$ N. NaOH
" Lakmoid[1] 1,0 " " H_2SO_4.

b) Alkoholfällung, in Wasser gelöst.
Vol. 50 ccm.
10 ccm[2] mit Phenolphtalein 0,95 ccm $^1/_{10}$ N. NaOH
" Lakmoid 1,5 " " H_2SO_4.

1) Wässerig alkohol. Lösung, in den folgenden Versuchen blaues Lakmoidpapier.

2) Hier und im Folgendem stets nach Zusatz von 10 ccm Wasser titrirt.

B. 30 gr Muskeln, nach dem Erstarren ebenso behandelt.

a) Alkoholextract, in Wasser gelöst.

Vol. 110 ccm.

25 ccm mit Phenolphtalein 2,3 ccm $^1/_{10}$ N. NaOH
„ Lakmoid 0,5 „ „ H_2SO_4.

b) Alkoholfällung, in Wasser gelöst.

Vol. 50 ccm.

10 ccm mit Phenolphtalein 1,8 ccm $^1/_{10}$ N. NaOH
„ Lakmoid 1,2 „ „ H_2SO_4.

	100 gr Muskel	
Acidität für Phenolphtalein	frisch	starr
a) Alkoholextract	22,0	39,6
b) Alkoholfällung	15,8	30,0
	37,8	69,6
Alkalescenz für blaues Lakmoid		
a) Alkoholextraxt	14,6	7,2
b) Alkoholfällung	25,0	20,0
	39,6	27,3

Versuch II.

Adductoren des Oberschenkels vom Hund.

A. 25 gr möglichst schnell und ohne Verletzung herausgenommen, in siedendem Wasser zerschnitten und wie in Versuch I weiter bearbeitet.

a) Alkoholextract.

Vol. 50 ccm.

10 ccm mit Phenolphtalein 1,2 ccm $^1/_{10}$ N. NaOH
„ Lakmoid 0,5 „ „ H_2SO_4.

b) Alkoholfällung.

Vol. 50 ccm.

10 ccm mit Phenolphtalein 0,8 ccm $^1/_{10}$ N. NaOH.
„ Lakmoid 1,2 „ „ H_2SO_4.

B. 25 gr nach zweistündigem Liegen.

a) Alkoholextract.

Vol. 50 ccm.

10 ccm mit Phenolphtalein 1,4 ccm $^1/_{10}$ N. NaOH
„ Lakmoid 0,5 „ „ H_2SO_4.

b) Alkoholfällung.

Vol. 50 ccm.

10 ccm mit Phenolphtalein 0,7 ccm $^1/_{10}$ N. NaOH
„ Lakmoid 0,8 „ „ H_2SO_4.

Acidität für Phenolphtalein	100 gr Muskeln. frisch	starr
a) Alkoholextract	24,0	28,0
b) Alkoholfällung	16,0	14,0
	40,0	42,0
Alkalescenz für blaues Lakmoid		
a) Alkoholextract	10.0	10,0
b) Alkoholfällung	24,0	16,0
	34,0	26,0

Versuch III vom 6. Februar 1891.

Adductoren vom Hund.

A. 35 gr möglichst ohne Verletzung herausgenommen, in siedendem Wasser zerschnitten.

a) Alkoholextract.
Vol. 50 ccm.
10 ccm mit Phenolphtalein 1,1 ccm $^1/_{10}$ N. NaOH
„ Lakmoid 0,8 „ „ H_2SO_4.

b) Alkoholfällung.
Vol. 50 ccm.
10 ccm mit Phenolphtalein 1,2 ccm $^1/_{10}$ N. NaOH
„ Lakmoid 1,6 „ „ H_2SO_4.

B. 35 gr liegen bis zum folgenden Tage zwischen den Doppelfenstern.

a) Alkoholextract.
Vol. 50 ccm.
10 ccm mit Phenolphtalein 1,9 ccm $^1/_{10}$ N. NaOH
„ Lakmoid 0,3 „ „ H_2SO_4.

b) Alkoholfällung.
Vol. 50 ccm.
10 ccm mit Phenolphtalein 1,7 ccm $^1/_{10}$ N. NaOH
„ Lakmoid 1,0 „ „ H_2SO_4.

Acidität für Phenolphtalein	100 gr Muskeln. frisch	starr
a) Alkoholextract	15,5	27,0
b) Alkoholfällung	17,0	24,0
	32,5	51,0
Alkalescenz für blaues Lakmoid		
a) Alkoholextract	11,5	4,0
b) Alkoholfällung	23,0	14,0
	34,5	18,0

Versuch IV.

Muskeln vom Hund.

A. 55 gr frisch, in siedendes Wasser.

a) Alkoholextract.

Vol 50 ccm.

10 ccm mit Phenolphtalein 2,65 ccm $^1/_{10}$ N. NaOH
„ Lakmoid 1,3 „ „ H_2SO_4.

b) Alkoholfällung.

Vol. 100 ccm.

20 ccm mit Phenolphtalein 1,9 ccm $^1/_{10}$ N. NaOH
„ Lakmoid 2,1 „ „ H_2SO_4.

B. 55 gr 24 Stunden bei c. 26° C. im Brutofen.

a) Alkoholextract.

Vol. 50 ccm.

10 ccm mit Phenolphtalein 3,5—4,1 ccm (schwer zu titriren)
„ Lakmoid 0,4 „

b) Alkoholfällung.

Vol. 100 ccm.

20 ccm mit Phenolphtalein 2,6 ccm $^1/_{10}$ N. NaOH.
„ Lakmoid 1,0 „

	100 gr Muskeln.	
Acidität für Phenolphtalein	frisch	starr
a) Alkoholextract	24,0	32,0
b) Alkoholfällung	17,0	23,5
	41,0	55,5
Alkalescenz für blaues Lakmoid		
a) Alkoholextract	11,5	3,6
b) Alkoholfällung	19,0	9,0
	30,5	12,6

Diese Versuche zeigen, dass in Wasser lösliche, für **Phenolphtalein sauer reagirende Verbindungen sowohl im Alkoholextract, wie in der durch Alkol erzeugten Fällung enthalten sind.**

Die Menge der für Phenolphtalein sauer reagirenden Substanzen ist im Alkoholextract grösser als in der durch Alkohol erzeugten Fällung; ein entgegengesetztes Verhalten zeigen die für Lakmoid alkalisch reagirenden Substanzen. Dieses Verhalten stimmt mit der Löslichkeit der primären, für Phenolphtalein sauer und der secundären, für Lakmoid alkalisch reagirenden Phosphate

übereîn. Wie weit neben Phosphaten noch andere Substanzen in Frage kommen, müsste allerdings erst durch weitere Versuche festgestellt werden.

Auf keinen Fall ist es aber erlaubt, wie dies Blome und Heffter thun (man vergleiche das oben S. 590 angeführte Citat), allein aus der Acidität des Alkoholextractes Schlüsse auf die Säurebildung im Muskel, d. h. auf das Verhalten aller für Phenolphtalein sauer reagirender Verbindungen zu machen.

Wenn man die Summe der im Alkoholextract und in der Alkoholfällung enthaltenen, für Phenolphtalein sauer, beziehentlich für Lakmoid alkalisch reagirenden Substanzen, die in den Wasserextract des frischen und todtenstarren Muskels übergehen, vergleicht, so erhält man auch aus den obigen Versuchen dasselbe Resultat, wie ich es in den bereits früher mitgetheilten Versuchen, bei der directen Titration des Wasserextractes erhalten habe.

100 g Muskeln erfordern zur Neutralisation

		für Phenolphtalein $^1/_{10}$ Normal-Natronlauge	für blaues Lakmoid $^1/_{10}$ Normal-Schwefelsäure
Versuch I	frisch	37,8	39,6
	todtenstarr	69,6	27,3
Versuch II	frisch	40,0	34,0
	todtenstarr	42,0	26,0
Versuch III	frisch	32,5	34,5
	todtenstarr	51,0	18,0
Versuch IV	frisch	41,0	30,5
	todtenstarr	55,5	12,6

Es nimmt die Acidität für Phenolphtalein mit dem Eintreten der Todtenstarre zu, die Alkalescenz für Lakmoid ab.

Nur im Versuch II ist die Zunahme der Acidität für Phenolphtalein kaum merklich, die Abnahme der Alkalescenz für Lakmoid aber auch hier deutlich. Dieses eigenthümliche Verhalten kann man vielleicht so erklären, dass im Beginn der Todtenstarre — die Untersuchung der Muskeln erfolgte bereits nach zwei Stunden — durch die sich bildende Milchsäure zuerst kohlensaures Natrium zersetzt wird. In Folge davon nimmt die Alkalescenz für Lakmoid ab, die Acidität für Phenolphtalein aber nicht zu, da die

Kohlensäure beim Extrahiren entweicht. Erst wenn das kohlensaure Natrium zersetzt ist und die secundären Phosphate durch die Milchsäure in primäre übergeführt werden, steigt die Acidität für Phenolphtalein. Dieses Beispiel beweist zugleich, dass es unter Umständen nicht genügt, in den Extracten nur die Aenderung der Acidität für Phenolphtalein festzustellen, wenn man ein Urtheil über die Menge der im Muskel gebildeten Säure erhalten will.

Die Angabe von Blome und Heffter, dass sich die Acidität des Muskels bei der Todtenstarre nicht ändere, ist also zum mindesten in dieser allgemeinen Fassung unrichtig. —

Heffter bestimmt neben der Acidität des in der oben beschriebenen Weise erhaltenen Alkoholextractes auch die in ihm befindliche Milchsäure. Ich hatte erwartet[1]), dass man hierbei zu demselben Resultat wie Böhm gelangen würde. Heffter findet aber bei der Untersuchung der Katzenmuskeln nur für den todtenstarren Muskel Milchsäurewerthe, welche mit denen von Böhm übereinstimmen. Dagegen sind seine Werthe für den frischen Muskel höher als die von Böhm und annähernd dieselben, wie im todtenstarren. „Es war daran zu denken, dass diese abweichenden Resultate in der verschiedenen Extractionsmethode begründet sein könnten, da Böhm die Muskeln seiner Versuchsthiere mit siedendem Wasser extrahirte. Doch lehrte ein auf gleiche Methode angestellter Versuch, der im frischen Muskel einen Milchsäuregehalt von 0,493% ergab, also eine mit meinen durch Alkoholextraction erhaltenen Werthen durchaus übereinstimmende Zahl, dass diese Annahme unbegründet war."

Man könnte zweifelhaft sein, ob man in Anbetracht der Tragweite des zu ziehenden Schlusses diesen Controlversuch für ausreichend gelten lassen soll. Geben wir aber auch zu, dass die Beobachtungen von Heffter richtig sind, so bleiben die Angaben von R. Böhm trotzdem zu Recht bestehen, zumal sich dieselben in voller Uebereinstimmung mit den Versuchen Marcuses über die Bildung von Milchsäure im tetanisirten Muskel befinden. Die Versuche Heffters würden dann nur beweisen, dass Todten-

1) a. a. O. S. 97.

starre ohne Zunahme von Milchsäure eintreten kann; weitere Versuche hätten festzustellen, unter welchen besonderen Bedingungen dies der Fall ist. —

Die Milchsäure, die sich im Alkoholextract sowohl des frischen, wie des todtenstarren Muskels findet, ist nach Heffter nur zum Theil an Alkali gebunden, zum Theil aber als freie Milchsäure in demselben enthalten. Heffter schliesst hieraus, dass die Milchsäure auch im Muskel selbst zum Theil frei, d. h. nicht an Basen gebunden ist.

Gegen diesen Schluss lassen sich schon von vornherein gewisse Bedenken geltend machen. Dass im Leben bei erhaltener Circulation jemals Milchsäure im Muskel frei sein sollte, ist kaum anzunehmen. Blut und Lymphe enthalten kohlensaure und phosphorsaure Alkalien, welche, wenn man die Geschwindigkeit der Blutcirculation berücksichtigt, genügen dürften, um die sich bildende Milchsäure auch bei stärkster Thätigkeit sofort zu neutralisiren. Und auch im circulationslos tetanisirten oder im erstarrenden Muskel ist das Vorhandensein von freier Milchsäure höchst unwahrscheinlich. Die Menge der freien Milchsäure ist nach Heffter gar nicht unbeträchtlich. Wie soll man sich nun vorstellen, dass die Lebensprozesse im Muskelprotoplasma, als deren letzten Ausdruck man ja auch die Todtenstarre betrachtet, weitergehen können, wenn sich auch nur Spuren einer so starken Säure, wie der Milchsäure, bildeten, ohne dass sie sogleich an vorhandene Basen gebunden wird?

Gegen die Richtigkeit jener Angabe schienen mir aber auch folgende Thatsachen zu sprechen: Erstens, wie bereits oben erwähnt, das Verhalten des Muskels zu blauem Lakmoidpapier, ferner die bisher vorliegenden, allerdings sehr wenig zureichenden Aschenanalysen des Muskels. Hoppe-Seyler[1]) schliesst aus denselben, dass secundäres Kaliumphosphat der hauptsächlichste anorganische Bestandtheil des Muskels ist; er ist der Ansicht, dass ein Theil desselben dazu ausreicht, um bei der Todtenstarre die Milchsäure unter Bildung von primärem Phosphat zu neutralisiren. Heffter meint allerdings aus seinen Versuchen schliessen zu können,

1) Physiolog. Chemie III. Berlin 1879. S. 651.

dass der Muskel keine secundären, sondern nur primäre Phosphate enthält.

Man kann aber in sehr einfacher Weise zeigen, dass der Fleischextract secundäre Phosphate enthält oder sich zum mindesten so verhält, als ob er sie enthielte.

Bekanntlich werden secundäre Phosphate durch Chlorbaryum aus ziemlich verdünnten Lösungen gefällt, während primäre Phosphate unter gleichen Umständen nicht gefällt werden. Ich überzeugte mich davon, dass eine $2^1/_2$% Lösung von primärem Kalium- oder Natriumphosphat mit Chlorbaryum nur einen sehr geringen Niederschlag gab, in einer 1% Lösung derselben Salze entstand kein Niederschlag. Dagegen erhält man in einer 1% Lösung des secundären Phosphats mit Chlorbaryum einen dichten Niederschlag, in einer 0,2% Lösung eine deutliche und selbst in 0,1% Lösung eine wenn auch nur sehr geringe Trübung.

Ich bestimmte nun die Phosphorsäure im Fleischextract durch Fällen mit Magnesiamischung. Der Fleischextract enthielt im Mittel aus zwei Bestimmungen 6,67% P_2O_5. Hiernach müsste derselbe 6,39% primäres Kaliumphosphat enthalten, wenn sich die gesammte Phosphorsäure nur in dieser Verbindung befände. 1 gr primäres Kaliumphosphat wären dann in 16 gr Fleischextract enthalten. Löse ich nun 16 gr Fleischextract in Wasser und fülle auf 100 ccm auf, so dürfte diese Lösung mit Chlorbaryum keinen Niederschlag geben, da ja, wie soeben gesagt, eine 1% Lösung von primärem Kaliumphosphat durch Chlorbaryum nicht gefällt wird. In Wirklichkeit erhält man sofort einen voluminösen Niederschlag; auch eine 2% Lösung giebt noch eine bald eintretende Trübung von phosphorsaurem Baryt.

Die Thatsache, aus welcher Heffter den Schluss zieht, dass im Muskel freie Milchsäure enthalten sei, ist durchaus richtig: Man kann aus dem Fleischextract durch alleinige Extraction mit Alkohol und Aether freie Milchsäure erhalten.

Zur Bestätigung führe ich die von mir angestellten Versuche an.

100 gr Liebigs Fleischextract wurden zuerst mit 800 ccm, dann noch einmal mit 400 ccm absolutem (über CaO destillirtem) Alkohol auf dem Wasserbade am Rückflusskühler einige Zeit gekocht. Aus den vereinigten und eingeengten alkoholischen Extracten schied sich Kreatin ab. Dasselbe

wurde nach mehrtägigem Stehen abfiltrirt und das Filtrat mit dem gleichen Volumen säurefreien absoluten Aethers gefällt. Der Aether-Alkohol wurde verdunstet und noch einmal mit absolutem Aether gefällt und filtrirt, der Aetherrückstand wurde in Wasser gelöst und auf 50 ccm aufgefüllt.

25 ccm wurden mit einem Ueberschuss von kohlensaurem Zink eingedampft, nach dem Abfiltriren des kohlensauren Zinks wurde auf ein kleines Volumen eingeengt. Das Zinksalz krystallisirte nicht.

Die anderen 25 ccm wurden mit Wasser verdünnt und destillirt.

Das Destillat erforderte zur Neutralisation für Curcuma 3,7 ccm $^1/_{10}$ N. Natronlauge, beim Eindampfen wurden einige Krystalle von essigsaurem Natrium erhalten, die Mutterlauge derselben gab bei Zusatz von verdünnter Schwefelsäure den Geruch nach flüchtigen Fettsäuren (Buttersäure?). Der Destillationsrückstand erforderte zur Neutralisation 19,2 ccm $^1/_{10}$ N. Natronlauge. (Er enthielt keine Chloride, keine Phosphate und gab mit sehr verdünntem Eisenchlorid eine starke Gelbfärbung wie Milchsäure). Mit Zugrundelegung dieser Zahl erhielte man für Fleischextract einen Gehalt an freier Milchsäure von 0,345%.

Bei einem zweiten Versuch, in welchem zur Extraction 94% Alkohol verwendet wurde, erhielt ich aus 50 gr Fleischextract 0,2260 gr eines nicht ganz reinen Zinksalzes, was einem Gehalt des Fleischextracts von 0,292% Milchsäure entsprechen würde.

In einem dritten Falle wurde der Alkoholextract von 25 gr Liebigs Fleischextract mit Aether geschüttelt: ich erhielt ein gut krystallisirendes Zinksalz, aber nur in einer Menge, die einem Milchsäuregehalt des Fleischextractes von 0,068% entsprach.

Darauf, dass die Mengen von Milchsäure, die ich erhielt, grosse Schwankungen zeigten und erheblich geringer waren, als die von Heffter, will ich keinen Werth legen.

Zur Stütze seiner Angaben weist Heffter darauf hin, dass sich nach Böhm auch aus dem wässerigen Decoct von Muskeln, die eine saure Reaction nicht gezeigt hatten, freie Milchsäure in kleiner Menge direct ausschütteln lässt.

Auch dies ist richtig. Ich löste Liebigs Fleischextract in wenig Wasser und behandelte ihn im Schwarz'schen Apparat mit Aether. Aus dem Aetherrückstand erhielt ich allerdings in noch geringerer Menge als aus dem Alkoholextract ein dem milchsauren Zink ähnlich krystallisirendes Zinksalz, und zwar lieferten 25 gr Liebigs Fleischextract in dem einen Versuch 0,0360 gr, in einem zweiten Versuche nur 0,0135 gr Zinksalz.

Wie lässt sich diese Thatsache, dass man sowohl aus dem

Wasser- wie aus dem Alkoholextract mittelst Aether freie Milchsäure extrahiren kann, erklären?

Hefftter legt sich bereits die Frage vor: „ob nicht die gefundene freie Milchsäure bei der Behandlung und Extraction der Muskeln durch eine andere Säure aus Salzen frei gemacht worden sei. Es könnte daran gedacht werden, dass die etwa durch eine Zersetzung des Lecithins entstandene Glycerinphosphorsäure eine derartige Rolle spielt.“ Er überzeugte sich davon, dass dies nicht der Fall war, und „da uns die Chemie des Muskels eine andere Säure, die bei der beschriebenen Methode entstehen und auf die Lactate einwirken könnte, noch nicht kennen gelehrt hat, so ist man dazu berechtigt, im Muskel das Vorkommen präformirter freier Milchsäure als sicher hin zu stellen.“

Ich kam zu einem anderen Schlusse. Diejenige Substanz, welche auf die milchsauren Salze zerlegend einwirkt, ist keine andere, als das primäre Kaliumphosphat.

R. Maly hat bekanntlich gezeigt, dass beim Zusammentreffen von primären und secundären Alkaliphosphaten mit Chlorcalcium unter Bildung von in Wasser unlöslichen Erdphosphaten Salzsäure entsteht. Er hatte ausserdem gefunden, dass die primären Phosphate die Fähigkeit besitzen, einfach in wässriger Lösung Chlornatrium unter Bildung von Salzsäure zu zerlegen [1]. Wenn nun schon das Salz der Salzsäure, einer starken Säure, durch primäres Kaliumphosphat zerlegt wurde, so war es mehr als wahrscheinlich, dass auch die Salze einer so viel schwächeren Säure wie der Milchsäure, durch die primären Phosphate zersetzt wurden.

---

1) In Uebereinstimmung mit dem Versuche Malys stehen folgende Beobachtungen von mir: Wenn man Monokaliumphosphat und Chlornatrium bezw. Chlorcalcium nach der Methode von Rabuteau mit einem Ueberschuss von Cinchonin digerirt, nach einiger Zeit filtrirt und das Filtrat mit Chloroform schüttelt, so erhält man im Chloroformrückstand salzsaures Cinchonin. Bei der Bestimmung der Salzsäure des Chloroformrückstandes wurden erhalten aus einer Lösung von 1,54 gr Monokaliumphosphat und 0,585 gr Chlornatrium in 75 Wasser 0,1064 gr AgCl (entsprechend 0,043 gr zersetztem ClNa), aus einer Lösung von 3,08 gr Monokaliumphosphat und 1,170 gr ClNa in 150 Wasser 0,1810 gr AgCl (entsprechend 0,074 gr ClNa).

Die Richtigkeit dieses Schlusses ergiebt sich aus folgenden Versuchen.

Ich stellte mir eine Milchsäurelösung her, deren Gehalt an Milchsäure durch Titriren mit Normalnatronlauge unter Verwendung von Phenolphtalein ermittelt wurde; zu dieser Lösung fügte ich die äquivalente Mengen von primärem Kaliumphosphat, schüttelte die Lösung mit Aether aus und führte den Aetherrückstand in das Zinksalz über.

a) Aus einer Lösung von 20 ccm Milchsäure, 20,6 ccm Normalnatronlauge, 3,17 gr primärem Kaliumphosphat und 35 ccm Wasser wurden erhalten 0,0688 gr milchsaures Zink.

b) Aus einer Lösung von 15 ccm Milchsäure, 13,2 ccm Normalnatronlauge, 2,03 gr primärem Kaliumphosphat und 50 ccm Wasser wurden erhalten 0,0150 gr milchsaures Zink.

c) aus einem gleichen Versuch wie in b) 0,0228 gr milchsaures Zink.

Es findet also eine Zerlegung des milchsauren Natriums durch primäres Kaliumphosphat statt; die Mengen der frei werdenden Milchsäure sind aber nur sehr gering.

Viel grössere Mengen von freier Milchsäure entstehen aber, wenn man milchsauren Kalk und primäres Kaliumphosphat zusammenbringt.

Der verwendete milchsaure Kalk war ein weisses, in Drusen krystallisirtes Präparat, dessen wässerige Lösung für Phenolphtalein neutral reagirte. Nach dem Zufügen des primären Kaliumphosphats zum milchsauren Kalk entstand allmählich ein Niederschlag von phosphorsaurem Kalk. Es wurden

a) 1,54 gr milchsaurer Kalk und 1,54 gr primäres Kaliumphosphat im Schwarz'schen Extractionsapparat mit Aether behandelt. Der Aetherückstand reagirte auf blaues Lakmoid stark sauer, zur Neutralisation für Phenolphtalein waren 12,3 ccm $^1/_{10}$ N. Natronlauge erforderlich.

b) In einem zweiten gleichartigen Versuche wurden aus dem Aetherextract 0,2392 gr milchsaures Zink erhalten.

c) 0,92 gr milchsaurer Kalk und 0,92 gr primäres Kaliumphosphat in 50 ccm Wasser gelöst, wurden 5 mal eine Viertelstunde mit Aether geschüttelt, der Aetherrückstand lieferte 0,1086 gr milchsaures Zink.

Anstatt Monophosphat direct auf milchsauren Kalk einwirken zu lassen, kann man auch von einer Lösung ausgehen, welche neben dem Monophosphat und dem milchsauren Natrium ein lösliches Salz der Erdalkalimetalle, z. B. Magnesiumchlorid enthält.

Ich stellte mir Lösungen obiger Salze her, welche etwa $^1/_{10}$ normal waren. Von diesen mischte ich 9 ccm Magnesiumchloridlösung (0,855 $MgCl_2$)

mit 2 ccm der Monokaliumphosphatlösung (0,272 gr KH_2PO_4) und 8 ccm der Lösung von milchsaurem Natrium (0,91 $C_3H_5O_3Na$). Die Lösung war klar und verhielt sich zu den Indicatoren ähnlich wie eine Lösung von Fleischextract, sie färbt blaues Lakmuspapier roth, rothes Lakmoidpapier blau und lässt blaues Lakmoidpapier unverändert. Als diese Lösung auf dem Wasserbade eingedampft wurde, bildete sich ein Niederschlag. Ohne denselben abzufiltriren, wurde auf ein kleines Volumen eingedampft und mit einem Gemisch von gleichen Theilen absoluten Alkohols und Aethers gefällt. Der abfiltrirte Niederschlag enthielt in Wasser unlösliche Phosphate. Der Alkoholäther wurde verdunstet, bei Zusatz von Wasser zum Aetherrückstand machte sich ein Geruch nach Estern bemerkbar, die wässerige Flüssigkeit war stark getrübt. Sie wird mit Aether wiederholt ausgeschüttelt; schon beim ersten Schüttelstoss verschwindet die Trübung der wässerigen Lösung. Die vereinigten Aetherextracte bleiben zur Abscheidung von Wassertropfen bis zum folgenden Tag stehen, der Aether wird in einen trockenen Kolben abgegossen und abdestillirt. Bei Zusatz von Wasser zum Aetherrückstand trübt sich die Lösung. Sie färbt blaues Lakmoidpapier stark roth. Zur Neutralisation sind 4,1 ccm $^1/_{10}$ N. Natronlauge erforderlich. Die Lösung enthält kein Chlor, keine Phosphorsäure und giebt starke Eisenchloridreaction, sie enthält also Milchsäure.

Die Umsetzung erfolgt hier, wie man annehmen kann, zum Theil nach der Gleichung

$$3MgCl_2 + 2KH_2PO_4 + 4C_3H_5O_3Na = Mg_3(PO_4)_2 + 2KCl + 4ClNa + 4C_3H_6O_3.$$

Die Menge der freien Milchsäure, die man in diesen Versuchen erhält, ist, wie sich aus dem Vergleich der Versuche mit Monophosphat und milchsaurem Natrium einerseits und Monophosphat und milchsaurem Calcium andrerseits ergiebt, abhängig von der Avidität des primären Phosphats und von der Basis, an welche die Milchsäure gebunden war, d. h. von der Löslichkeit des bei der Zersetzung des milchsauren Salzes entstehenden Phosphats.

Es erklärt sich nach diesen Versuchen zunächst leicht, warum Böhm aus dem Wasserextract beim Schütteln mit Aether geringe Mengen freier Milchsäure erhielt. Der Wasserextract des Muskels enthält primäre Phosphate. Auch wenn alle Milchsäure im Muskel an Basen gebunden ist, so wird im Wasserextract eine Zerlegung der milchsauren Salze durch die sauren Phosphate erfolgen können und Milchsäure sich durch Aether, wenn auch in sehr geringer Menge, ausschütteln lassen.

Auch die Resultate von Heffter lassen sich in Beziehung zur Wirkung der primären Phosphate bringen.

Zuvörderst lässt sich in einfacher Weise zeigen, dass bei der von Heffter ausgeführten Extraction mit Alkohol vorher gebundene Milchsäure in Freiheit gesetzt wird. Wenn man nämlich den Fleischextract mit Aether behandelt, also alle freie Milchsäure entfernt, dann eindampft, mit Alkohol extrahirt, den Alkohol verdunstet und den Alkoholrückstand nach dem Lösen in Wasser von neuem mit Aether schüttelt, so erhält man noch einmal und zwar grössere Mengen von Milchsäure, als bei der directen Aetherextraction. So erhielt ich in dem ersten der oben angeführten Versuche (S. 601) noch weiter 0,0542 gr und in dem zweiten noch 0,0566 gr Zinksalz aus dem Alkoholextract von 25 gr mit Aether extrahirten Fleischextractes.

Diese Erscheinung lässt sich durch die alleinige Einwirkung von primärem Kaliumphosphat auf milchsaures Natrium nicht mehr erklären; sie erklärt sich aber durch die Anwesenheit der Erdalkalien im Fleischextract. Die Umsetzung erfolgt hier bei der Alkoholextraction des Fleischextractes ähnlich wie im Versuch S. 603.

Ganz ähnlich wie dort finden wir in der durch Alkohol erzeugten Fällung die in Wasser unlöslichen Phosphate der Erdalkalien, während der Alkoholextract die freie Milchsäure enthält.

Zum Nachweis der unlöslichen Phosphate wurde der in Alkohol unlösliche Antheil von 50 gr Fleischextract ohne zu erwärmen mit Wasser versetzt; es bleibt ein verhältnissmässig geringer Theil auch in Wasser unlöslich. Man lässt denselben sich absetzen, giesst die überstehende Flüssigkeit ab und bringt den Niederschlag möglichst ohne die ausgeschiedenen primären Phosphate auf das Filter. Man wäscht mit kaltem Wasser. Die Masse, die auf dem Filter bleibt, ist gelatinös; sie besteht aus einem Nucleoalbumin und in Wasser unlöslichen Phosphaten des Calciums und Magnesiums Die letzteren erhält man als farbloses Pulver, wenn man den Niederschlag mit verdünntem Ammoniak, in welchem sich das Nucleoalbumin leicht löst, behandelt und das Ammoniak durch Auswaschen mit Wasser entfernt.

Nun sind aber diese Phosphate leicht löslich in Milchsäure. Da sie durch die Alkoholextraction unmöglich entstanden sein können, so muss bei der Alkoholextraction des Fleischextractes ähnlich wie in obigem Versuche eine derartige Verschiebung der

Basen und Säuren stattgefunden haben, dass aus der Fleischextractlösung, welche unter Anderem als Basen Alkalien und Erdalkalien, als Säuren Milchsäure und Phosphorsäure enthielt, ein Theil der Phosphate als secundäre und tertiäre Salze der Erdalkalien gefällt wurde, während ein Theil der Milchsäure als freie Milchsäure in den Alkohol überging. Die Milchsäure, welche Heffter in seinen Extracten findet, ist also nicht schon im Muskel frei, sie wird erst bei der Extraction mit Alkohol aus milchsauren Salzen in Freiheit gesetzt.

Wenn man diejenige Menge Milchsäure, welche man aus einer Lösung von primärem Phosphat und milchsaurem Natrium mit Aether ausschütteln kann, als freie Milchsäure bezeichnen will, so enthält, wie erwähnt, nach den Versuchen von Böhm auch der wässrige Muskelextract geringe Mengen von freier Milchsäure. Daraus dürfen wir aber noch keinen Schluss auf den Muskel selbst ziehen. Denn erstens sind die Bedingungen für die Lösung der verschiedenen Substanzen im Muskel andere, als im Wasserextract und zweitens wissen wir nicht, in welcher Weise durch die Extraction mit Wasser eine Aenderung in der Gruppirung der Säuren und Basen stattgefunden hat. Also auch die Beobachtung von Böhm beweist nicht, dass im Muskel freie Milchsäure enthalten ist.

(Aus dem physiologischen Institut der Universität Strassburg.)

Ueber die Wirkung des galvanischen Stroms bei der Längsdurchströmung ganzer Wirbelthiere.

Von

Prof. **J. Rich. Ewald.**

Wir verdanken Hermann[1]) die ersten und bisher eigentlich einzigen Kenntnisse über die Wirkung galvanischer Ströme, welche durch unversehrte Wirbelthiere in der Längsrichtung geleitet werden. Seine Beobachtungen beziehen sich auf Froschlarven und Fischembryonen. Von seinen Resultaten sind die folgenden die wichtigsten. 1) Die Thiere werden durch den aufsteigenden Strom, also wenn sich die Kathode vor dem Kopf und die Anode hinter dem Schwanz befindet, erregt. 2) In Folge dieser Erregung verlassen sie diese Lage und stellen sich in die umgekehrte Richtung (mit dem Kopf zur Anode gewendet) ein. Hermann nennt diese Erscheinung „Galvanotropismus". 3) Der absteigende Strom hat eine beruhigende Wirkung.

Dieselben Erscheinungen wurden auch an kleinen Fischen von Hermann's Schüler Neubauer[2]) beobachtet, und es wurde dadurch sogleich gezeigt, dass es sich nicht um Wirkungen des Stroms handelt, welche etwa nur an jugendlichen, noch nicht ganz entwickelten Thieren zu Stande kommen. Hermann verlegt die erregende und beruhigende Wirkung des Stroms in das Centralnervensystem, da er die directe Betheiligung der Muskeln

---

1) L. Hermann, Eine Wirkung galvanischer Ströme auf Organismen. Pflüger, Arch. Bd. 37. p. 457 und L. Hermann, Weitere Untersuchungen über das Verhalten des Froschlarven im galvanischen Strom. Pflüger, Arch. Bd. 39. p. 414.

2) Vergl. Hermann l. c.

ausschliessen konnte. Die von dem Beginn des Gehirns zum Ende des Rückenmarks verlaufenden Ströme sollen seiner Meinung nach das Centralnervensystem lähmen; die umgekehrt gerichteten es erregen. Die von Blasius und Schweizer[1]) angestellten Untersuchungen haben im Wesentlichen zu denselben Resultaten und Anschauungen geführt. Die Hermann'schen Arbeiten nach Titel und Ort zu citiren haben die Autoren vergessen. Am Ende ihrer Arbeit empfehlen sie — allerdings mit der Mahnung zur Vorsicht — den absteigenden Strom als krampfstillendes Mittel therapeutisch zu verwenden. Ich möchte nach meinen in dieser Arbeit beschriebenen Erfahrungen, die für den vorderen Abschnitt des Centralnervensystems eine umgekehre Wirkung des Stromes ergeben haben, annehmen, dass absteigende Ströme, deren Stärke genügt, um die Krämpfe aufzuheben, äusserst gefährlich für den Patienten sind.

Als ich mich im April dieses Jahres mit der Nachprüfung der Hermann'schen Angaben beschäftigte, war ich sehr erstaunt, zunächst völlig abweichende Resultate zu erhalten. Es kamen ganz junge Froschlarven zur Untersuchung, die erst etwa seit 5 Tagen das Ei verlassen haben mochten. Die Thiere lagen meist auf einer Seite, hatten natürlich noch die äusseren Kiemen, ja an vielen hafteten noch Eireste, welche dann entfernt wurden. Der galvanische Strom wurde durch die Larven mittelst eines beweglichen Electrodenpaars geleitet, dessen Enden vor und hinter dem Thier in das Wasser tauchten. Man mochte nun den galvanischen Strom plötzlich schliessen oder die Larve in den Strom einschleichen, immer kam man beim Aufsteigen von noch unwirksamen Strömen zu den zuerst wirksamen zu einer Stromstärke, bei der derselbe Strom in absteigender Richtung das Thier erregte und zur Flucht veranlasste, während er in aufsteigender Richtung keine Bewegung hervorrief. Einzelne von den Larven waren in beständiger Bewegung. Der absteigende Strom vermehrte ihre Unruhe, der absteigende hemmte sie. Es fehlte also zur voll-

1) Eug. Blasius und Fritz Schweizer, Electrotropismus und verwandte Erscheinungen. Pflüger, Arch. Bd. 53. p. 493.

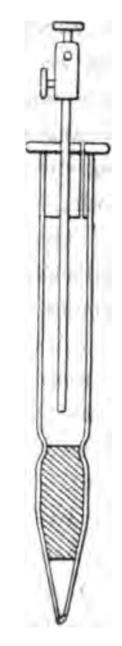
ständigen Analogie mit den Hermann'schen Erscheinungen nur der Galvanotropismus. Die Thiere drehten unter der Einwirkung des erregenden Stroms nicht um, sondern ergriffen einfach die Flucht. Dies lag offenbar daran, dass sie schon durch die erste Bewegung aus dem wirksamen Bereich des Stromes kamen. Als später weniger lebhafte Thiere untersucht wurden, wandten sich dieselben dann auch aus der antidromen in die homodrome Lage. Auch konnte bei allen Thieren diese Wendung durch Vergrösserung der Electrodendistanz oder durch Anwendung von Electrodenplatten erreicht werden. In den beiden letzteren Fällen war nämlich die Breite des Strombettes so gross, dass die Thiere auch nach einigen Bewegungen noch von genügend starken Strömen durchflossen wurden. Diese Versuche ergaben also genau die analogen Resultate wie die Hermann'schen — aber bei der umgekehrten Stromesrichtung!

Es bestätigten sich diese Beobachtungen auch bei älteren Froschlarven jeden Alters, ebenso bei jungen und älteren Fischen. Doch war es mir von vornherein klar, dass hier ganz besondere Verhältnisse und nicht etwa ein Irrthum die Verschiedenheit der Beobachtungen erklären würde. In der That bin ich jetzt in der Lage, die sich scheinbar so schroff gegenüberstehenden Angaben vermitteln zu können. Bevor ich auf meine Untersuchungen näher eingehe, mögen einige technische Bemerkungen Platz finden, damit sie nachher nicht eingeschaltet zu werden brauchen.

Technisches.

Handelt es sich um drahtförmige Electroden, so sollen sie nur von ihren Endpunkten aus den Strom abgeben, damit sich derselbe zwischen zwei Punkten unter der Wasseroberfläche auszugleichen hat. Man kann solche Electroden „punktförmige" nennen. Ich benutzte meist punktförmige unpolarisirbare Electroden, die zwar, wie sich später herausstellte, für viele Versuche entbehrlich sind, aber zum Auffinden der Thatsachen und zur Controle doch immer angewandt werden müssen. Da dieselben auch für manche andere Zwecke einige Vorzüge bieten, so mögen sie kurz beschrieben werden. Eine gewöhnliche etwa 8 mm im Durchmesser habende Glasröhre wird an dem einen Ende konisch ausgezogen, und so weit abgeschnitten, dass die Oeffnung nur etwa

1 mm Weite hat. Für den vorliegenden Zweck schleift man diese kleine Oeffnung schräg ab. Es wird ferner an der Röhre durch Ausziehen eine kurze Einschnürung hervorgebracht und zwar etwa 1 cm oberhalb des Beginnes der konischen Verjüngung. Auf diese Weise entsteht in der Röhre ein etwa 1 cm langer Raum, welcher nach oben durch die Einschnürung, nach unten durch die Verjüngung begrenzt wird und den man leicht mit Fliesspapier, das mit schwacher Salzlösung durchtränkt ist, vollstopfen kann. Auf diesen festgestampften Pfropf von Fliesspapier giesst man eine Lösung von Zink oder Kupfersulfat und dann verschliesst man das andere Ende der Röhre mit einem Hartgummistück, das von einem in die Lösung tauchenden Zink- oder Kupferdraht durchsetzt wird. Das Kupfersulfat hat dem Zinksulfat gegenüber den Vortheil, gleich durch die Verfärbung des Papierpfropfens anzuzeigen, ob es schon durch den letzteren hindurch gedrungen ist. In der nebenstehenden Zeichnung (Verkleinerung 2 : 3) ist das Fliesspapier durch Schraffirung gekennzeichnet. Ausserdem sieht man in dem Hartgummipfropfen ein enges Loch, das den Zweck hat, eine Druckerhöhung der Lösung oberhalb des Fliesspapiers durch das Einsetzen des Pfropfens zu vermeiden. Eine solche Druckerhöhung würde eine Filtration der Flüssigkeit durch das Fliesspapier bewirken und dadurch ihr Durchdringen sehr beschleunigen. Dreht man die Electrode um, so fliesst aus der engen Oeffnung im Pfropf doch nichts aus, und man kann bequem mit einer feinen Pipette den konischen Raum unterhalb des Fliesspapiers mit schwacher Kochsalzlösung füllen. Zwei solche Electroden werden dadurch mit einander verbunden, dass sie in Metallhülsen gesteckt werden — es erschien nicht nöthig diese abzubilden —, die auf einem gemeinschaftlichen Stück befestigt sind. Man kann sie sowohl einander näheren, als auch so drehen, dass ihre Axen einen nach unten spitzen Winkel bilden. Es lassen sich auf diese Weise die beiden Electroden beliebig einander nähern, ja ihre einander zugewandten Schliffflächen vollständig zur Berührung bringen. Die Schliffflächen haben den Vortheil, dem Strom einen directen Weg zwischen den „Electrodenpunkten“ zu ermöglichen. Für andre Zwecke kann



man diese Schliffflächen ganz fortlassen, oder so anbringen, dass sie dem zu untersuchenden Gegenstand anliegen.

Bei vielen Versuchen wurden aber diese unpolarisirten Electroden nicht benutzt sondern einfach Kupferdrähte, die in einem beweglichen Electrodenhalter befestigt waren. Um sie punktförmig zu machen, waren sie mit einem dünnen Gummischlauch überzogen, aus dem ihre Enden nur etwa 1 mm heraussahen. Solche einfachen Electroden gewähren für die vorliegenden Untersuchungen — namentlich für die Froschlarven — manche Vortheile. Man kann sie leicht auseinander biegen und hierdurch auch die Stromstärke variiren. Man kann sie von der Seite her dem Thiere nähern bis es zwischen sie zu liegen kommt, und auf diese Weise das Thier langsam in den Strom einschleichen. Man kann sie von oben her schnell eintauchen, so dass der Strom dem Thiere plötzlich aber doch nicht momentan wie beim Schluss eines Schlüssels zugeführt wird. Dazu kommt noch ein andrer Vorzug, der nicht zu unterschätzen ist. Hat man nämlich die Anode durch einen umgebundenen Faden kenntlich gemacht, so wechselt man viel angenehmer die Stromesrichtung im Thierkörper durch Drehung des Electrodenhalters als durch einen eingeschalteten Stromwender. Man sieht eben beständig, wo die Anode ist.

Als Stromquelle diente eine Batterie, wie sie zu electrotherapeutischen Zwecken benutzt wird. Sie gestattete 1—30 Tauchelemente hintereinander zu schalten. Ein Graphit-Rheostat lieferte einen Widerstand von 1—400 Ohm, den man stetig wachsen lassen konnte, und der in den Kreis selbst oder als Nebenschluss eingeschaltet wurde. Ausserdem wurden, wenn nöthig, ein Ampèremeter, ein Stromwender, ein Telegraphentaster u. s. w. angewandt.

Es erübrigt noch von der Befestigungsweise der Thiere zu sprechen. Die Larven wurden gar nicht befestigt, sondern befanden sich frei unter Wasser auf einem weissen Porzellanteller. Die Fische machten aber für viele Versuche eine Fixirung nothwendig. In einem länglichen, vierseitigen Glastrog klemmte ich zwischen den langen Seiten einen Holzrahmen in verticaler Lage ein. Der Rahmen war mit einer Gummimembran überspannt, so dass diese eine Scheidewand in dem Trog darstellte. (Ich empfehle statt des Holzrahmens einen solchen aus Hartgummi zu verwenden, da sich das Holz im Wasser zu sehr verzieht. Den Hartgummirah-

men mag man durch Keile aus Hartgummi zwischen den Wänden des Glastroges festklemmen). Aus der Gummimembran war mit einem Korkbohrer ein Loch herausgeschnitten, und es wurde der Fisch so durch das Loch gesteckt, dass seine Brustflossen noch vor dasselbe zu liegen kamen und ihn dann verhinderten, rückwärts aus dem Loch herauszukommen. Andrerseits wurde der Rahmen so nahe an die eine kleine Seite des Glastroges gerückt, dass der Fisch mit dem Kopf die Glaswand berührte und daher auch nicht nach vorwärts entfliehen konnte. Die Frösche band ich auf ein Froschkreuz auf, und hielt dasselbe durch ein auf sein freies Ende gestelltes Glasgefäss unter Wasser. Alle Thiere wurden in gewöhnlichem Wasser untersucht.

Die Untersuchung der Froschlarven.

Es kommt nicht darauf an, welches Alter die Thiere haben, es kommt auch nicht darauf an, ob man unpolarisirbare Electroden verwendet oder nicht, man mag auch die Larve in den Strom einschleichen oder den Strom plötzlich schliessen, immer gelangt man, wenn man mit den schwächsten Strömen beginnt, zunächst zu einer Stromstärke, welche nur in absteigender Richtung erregend wirkt. Es möge hier gleich allgemein bemerkt werden, dass wenn derselbe Strom in der einen Richtung erregend, und in der umgekehrten nicht erregend wirkt, dann auch stets die folgenden Erscheinungen zu beobachten sind: 1) Es findet Galvanotropismus statt, d. h. das in der erregenden Richtung des Stromes befindliche Thier begiebt sich in die umgekehrte Richtung, in der es nun nicht mehr erregt wird. 2) Der nicht erregende Strom wirkt lähmend. 3) Die Oeffnung des erregenden Stromes wirkt in geringem Grade wie der Schluss des lähmenden und ebenfalls die Oeffnung des lähmenden in geringem Grade wie der Schluss des erregenden Stromes. Ich werde daher in Zukunft nur die ausschliessliche Erregung des Stroms in der einen Richtung constatiren und die sich daran anschliessenden Wirkungen der Lähmung, des Galvanotropismus u. s. w. als dann selbstverständliche Folgen nicht mehr ausdrücklich erwähnen.

In Betreff des Galvanotropismus liess sich nicht nachweisen, dass das Thier nach einer bestimmten Seite hin umbiegt. Man

hätte doch meinen sollen, bei vorn und etwas rechts befindlicher Anode würde die Larve nach links umwenden, um nicht in das Maximum der Stromstärke zu gelangen. Aber es ist das nicht der Fall, sie wendet sich auch dann ebenso oft nach rechts wie nach links um. Man wird dadurch in der Meinung bestärkt, dass die Thiere nicht etwa ein Gefühl für die ihnen unangenehme Stromesrichtung als solche haben, etwa wie sich der Fisch nicht gern durch fliessendes Wasser vorwärts treiben lässt. Ich habe oft beobachtet, wie ruhig im Wasser „stehende" Fische sich sofort gegen den Strom wenden, wenn man von hinten her Wasser auf sie zuströmen lässt. Aber wenn Wasser von rechts hinten auf den Fisch trifft, dreht er sich nie links herum, so dass der Strom zunächst ganz von hinten kommt, sondern er sucht direct die ihm angenehme Lage auf. Bei dem Galvanotropismus wird daher die neue Lage wohl nur gewissermassen „per exclusionem" gefunden, d. h. so lange sich das Thier noch nicht in der lähmend wirkenden Richtung befindet, wird es immer von neuem gereizt, und bewegt sich in Folge dieses Reizes ganz beliebig nach rechts oder links, zuweilen auch geradeaus bis es — man könnte sagen zufällig — in die umgekehrte Lage gelangt und dadurch beruhigt wird. Die hemmende Wirkung des galvanischen Stromes constatirt man am einfachsten, wie dies auch Hermann gethan hat, wenn man Thiere, die sich beständig oder in ganz regelmässigen kleinen Zeitintervallen bewegen, der lähmenden Stromesrichtung aussetzt. Doch lässt sich auch die Abnahme der Erregbarkeit unter dem Einfluss des hemmenden Stroms dadurch constatiren, dass man die Thiere mit einem kurzen Haar mechanisch reizt. Während ihrer galvanischen Durchströmung lassen sie sich von dem Haar berühren und stechen ohne davon zu eilen, im normalen Zustande ergreifen sie dagegen bei der geringsten Berührung die Flucht. Die Empfindlichkeit der Thiere für den galvanischen Strom war sehr gross und wurde durch die Versuche im Anfang derselben stets noch gesteigert. Der zwanzigste Theil eines Milliampères zwischen den punktförmigen Electroden war für die beschriebenen Beobachtungen häufig schon ausreichend.

Als die Versuche an einzelnen Thieren über eine etwas längere Zeit ausgedehnt wurden, kehrte sich plötzlich die Richtung des ausschliesslich erregenden Stromes und damit auch der anderen Erscheinungen um. Die für dieselben Versuche nöthige Strom-

stärke war dann auch stets auf ein Vielfaches der ursprünglichen erhöht. Die weitere Untersuchung dieses merkwürdigen Verhaltens der Thiere ergab, dass sich stets in Folge einer ganzen Anzahl von Eingriffen die Stromrichtung für alle erwähnten Erscheinungen umkehrt, und dass dann die Hermann'schen Angaben zu Recht bestehen. Von solchen Eingriffen seien erwähnt: Vollständiges oder theilweises Abschneiden der Spitze des Kopfes, Brennen oder Anätzen der vordersten Partieen des Kopfes[1], Ueberführung der Thiere in warmes Wasser. Auch die Reizung der Thiere durch stärkere electrische Ströme wirkt in derselben Weise. Auf dieses letztere Mittel zur Umkehr der Reaktion möchte ich ganz besonders die Aufmerksamkeit lenken, da sich wohl durch diese Beobachtung das Verhalten der von Hermann untersuchten Thiere erklären lässt. Dagegen wurde die Umkehr der wirksamen Stromesrichtung nicht hervorgebracht durch Abschneiden eines Stückes oder des ganzen Schwanzes, ja dann war sogar die ursprüngliche Reaction noch bedeutend stärker ausgesprochen.

Schneidet man also der einen Larve auch nur einen ganz kleinen Theil des Kopfes ab, was ihre Bewegungen in keiner Weise sonst zu beeinflussen scheint, und lässt man eine zweite Larve normal, oder entfernt man bei ihr ein Stück des Schwanzes, so verhalten sich die beiden Thiere in Bezug auf die Stromesrichtung genau umgekehrt.

Ebenfalls ist die Wirkung der Ströme für ein normales Thier die umgekehrte wie für ein Thier nach stärkerer (immer noch sehr schwacher) galvanischer Durchströmung, trotzdem die beiden Thiere sich sonst in nichts unterscheiden.

Untersucht man den abgeschnittenen Schwanz für sich, so reagirt er wie das Thier mit verletztem Kopf, nur ist an ihm der Galvanotropismus natürlich ebensowenig zu beobachten wie an

---

1) Zum Zweck des Brennens wird der Teller, auf dem sich nur wenig Wasser befinden darf, so geneigt, dass die Larve auf dem Trocknen zu liegen kommt. Man berührt dann die Spitze des Kopfes mit einer heissen Nadel. Um den Kopf zu ätzen hob ich das Thier am Schwanz in die Höhe und tupfte den Kopf auf ein mit Schwefelsäure befeuchtetes Stück Fliespapier.

dem Kopf ohne jeden Schwanz, denn beide Theile können einzeln keine ordentlichen lokomotorischen Bewegungen mehr ausführen.

Schneidet man also eine Froschlarve dicht hinter dem Kopfe durch, so reagirt der Kopftheil umgekehrt wie der Schwanztheil.

Endlich zeigte sich, dass wenn man relativ sehr starke Ströme anwendet, man auch bei den ganz normalen Thieren von vornherein die Richtung des auschliesslich erregenden Stromes mit Hermann's Angabe übereinstimmend findet. Offenbar wirkt in diesem Falle der reizende Strom zu gleicher Zeit schädigend, denn es wird danach die Reaction auch für die noch wirksamen schwächsten Ströme verkehrt. Auch ist die nöthige Stromstärke dann relativ gross geworden.

Das Verhalten der Fische.

Von Fischen wurde hauptsächlich Gobio fluviatilis untersucht. Da aus den Befunden bei den Froschlarven hervorzugehen schien, dass sich der Kopf anders verhält wie der übrige Körper, so wurden nun bei den unversehrten Fischen die Körperabschnitte gesondert untersucht. Es gelang dies bei den 10 cm langen Thieren ohne Schwierigkeit, wenn sie in oben (p. 610) beschriebener Weise durch die Gummiplatte fixirt waren. Die beiden Electroden hatten nur einen Abstand von wenigen Millimetern und wurden anfänglich dicht über dem hinteren Abschnitte des Rückens in einem Stativ fest gehalten. Es wurde die maximale Stärke des absteigenden Stroms aufgesucht, bei dem bei Schluss keine Erregung eintrat. Bei der umgekehrten Stromesrichtung kam es dann stets zu einer heftigen Bewegung. Die Electroden wurden dann immer mehr nach vorn geschoben. Nach einigen solchen Verschiebungen trat Gleichheit der Wirkung beider Stromesrichtungen ein, und nach noch weiterem Vorschieben der Electroden nach vorn kehrte sich die Wirkung der Stromesrichtung um.

Bei einer Anzahl von Fischen wurde die Lage der Electroden, bei der die Stromesrichtung ohne Einfluss ist, aufgesucht, und die Mitte zwischen beiden Electroden durch Einstich mit einer Nadel markirt. Nach Tödtung der Thiere ergab sich, dass der Stich das Rückenmark 1—2 mm unter dem Ende des Kopfmarks (medulla oblongata) getroffen hatte. Sollen möglichst schwache Ströme

erregend wirken, so müssen sie also durch einen hinteren Abschnitt des Fisches aufsteigend und durch einen vorderen Abschnitt absteigend fliessen. Es giebt daher ein Maximum der Erregung, wenn man drei Electroden über dem Fisch anbringt, die erste vor dem Kopf, die zweite hinter dem Schwanz, die dritte über dem betreffenden Punkt des Rückens. Die beiden ersten Electroden müssen Anoden, die dritte Kathode sein. Bei umgekehrter Anordnung der Electroden erhält man ein Maximum der hemmenden Wirkung des Stroms. Schneidet man den Fisch etwa in der Mitte des Rückenmarks quer durch, so reagirt der Kopfabschnitt umgekehrt wie der Schwanz bei einem für das ganze Thier gleichgerichteten Strom.

Ausgezeichnet schön gelingt bei den Fischen die Umkehr der Reaction. Man kann zu diesem Versuch die einfachen Drahtelectroden verwenden und braucht die Thiere in keiner Weise zu fesseln. Anfänglich wirkt allein der absteigende Strom. Blitzschnell schnellen die Thiere fort, sobald man ihn plötzlich schliesst, während bei dem umgekehrten Strom gar keine Wirkung erfolgt. Man setzt dann die Thiere einige Secunden lang starken Strömen aus. Nach dem Aufhören derselben schwimmen die Fische sofort wieder ganz normal und munter umher. Die Reaktion auf die schwächsten Ströme hat sich nun aber völlig umgekehrt. Auch ist wie bei den Froschlarven die nun nöthige Stromstärke bedeutend erhöht. Die Thiere können sich wieder erholen. Nach Verlauf von einigen Minuten bis zu einer Stunde ist die ursprüngliche Reactionsweise gewöhnlich wieder eingetreten.

Durch Reizung welcher Theile des Thieres kommen nun diese verschiedenen Erregungen zu Stande? Hermann nimmt an, dass sie durch Reizung des Centralnervensystems entstehen, da er eine directe Wirkung auf die Muskeln ausschliessen konnte. Er führt auch an, dass die Windungen, die die Froschlarven unter der Einwirkung des Stromes ausführen, nicht durch Muskelerregungen erklärt werden könnten. Da bleiben aber meiner Meinung nach noch die sensiblen Nerven als mögliche Angriffspunkte für den galvanischen Reiz übrig und wenn man eine Froschlarve brennt, so krümmt und windet sie sich durchaus in ähnlicher Weise wie unter dem Einfluss des galvanischen Stromes. Die Möglichkeit, dass es sich um Reizung von sensiblen Nervenfasern oder Nervenendigungen derselben handeln könne, musste nach

meinen Beobachtungen, durch welche eine für die Wirkung des galvanischen Stroms in besonderer Weise ausgezeichnete Körpergegend aufgefunden war, durchaus in Betracht gezogen werden. Es könnte sich um eine polare Wirkung der Kathode handeln, die desto stärker ist, je näher sie besonders erregbaren Gebilden gebracht wird. Letztere müssten sich dann in der Haut in der Nähe jener Stelle befinden, die wir an den Fischen mittelst des Nadelstiches markirt haben. Durch den Nachweis einer in der betreffenden Gegend vorhandenen grösseren Hautsensibilität würde auch das Verhalten der durchschnittlichen Larven erklärt werden, denn die Kathode muss sich in der Nähe dieser Gegend befinden, wenn ein Strom in einer Richtung ausschliesslich wirken soll. Ich versuchte diesen Gedanken durch Abtasten des Körpers mit der direct berührenden Kathode zu widerlegen, während gleichzeitig die Anode in einer indifferenten vom Fisch entfernten Electrode bestand. Ich hoffte auf diese Weise mit der Kathode nur die Haut zu reizen und bei diesem Abtasten das Nichtvorhandensein einer grösseren Empfindlichkeit an dem betreffenden Punkte des Rückens zu finden. Ich täuschte mich. Denn stets, wenn sich die Kathode der in Rede stehenden Hautstelle näherte, stieg damit auch die Empfindlichkeit des Thieres, und war an der betreffenden Stelle selbst am grössten. Es liess sich aber doch beweisen, dass diese Empfindlichkeit von der Durchströmung tiefer gelegener Gebilde und nicht von der Reizung der Haut herrührte. Der Beweis wurde in doppelter Weise geführt.

Erstens mit Hülfe electrischer Reize. Die Gummischläuche wurden so weit über die Drähte der Electroden gezogen (s. oben Technisches), dass die letzteren gar nicht hervorsahen. Mit beiden Electroden wurde der Fischrücken direct berührt. Die Ströme hatten zum Ausgleich nur die Möglichkeit, durch den Fischkörper resp. seine Haut zu fliessen. Es wurde die zur Erregung nöthige Stromstärke bestimmt. Liess man nun die Kathode bestehen und entfernte man die Anode mehrere Centimeter vom Fisch, so war fortan zu derselben Erregung nur eine bedeutend geringere Stromstärke erforderlich. Die Erregung der Haut an der Kathode konnte aber im letzteren Fall doch nur geringer geworden sein.

Zweitens wurde die Empfindlichkeit der Haut mit mechanischen Reizen geprüft. Der Schwanz erwies sich deutlich em-

pfindlicher für Berührungen und Stiche mit einer spitzen Nadel, als die betreffende Rückengegend.

Wir schliessen aus diesen electrischen und mechanischen Reizversuchen, dass es nicht Gebilde in der Haut sind, welche durch ihre Erregung unsere Erscheinungen auslösen.

Jetzt bleiben also ausser dem Centralnervensystem nur noch die sensibeln Nervenfasern als mögliche Angriffspunkte für die galvanischen Reize übrig. Bevor ich aber diese Möglichkeiten näher bespreche, möchte ich erst noch das Verhalten der Frösche kurz schildern.

Beobachtungen an Fröschen.

Die Untersuchung der normalen Frösche gestaltet sich weit schwieriger, als dies bei den Froschlarven und Fischen der Fall ist. Spontane Bewegungen einerseits und Hemmungen bei den irgendwie fixirten Thieren andrerseits machen die Beobachtungen vielfach unsicher. Dazu kommt, dass die Gestalt der Frösche keine einfach walzenförmige ist, wie bei den bisher untersuchten Thieren, sondern durch die Extremitäten sehr complicirte Verhältnisse darbieten, die auf Richtung und Stärke der Strombahnen von grösstem Einfluss sind.

Am einfachsten gestalten sich die Versuche an curarisirten Fröschen. Setzt man das Thier, dessen Muskeln in keiner Weise mehr von den Nervenstämmen aus erregt werden können, in natürlicher Stellung auf den Boden des Wasserbeckens, so treten wie bei den normalen Froschlarven und bei den Fischen die ersten Bewegungen bei absteigendem Strome auf. Diese Bewegungen sind ja aber offenbar anders zu erklären und müssen auf die Reizung der sich auch allein bewegenden hinteren Extremitäten bezogen werden. Es zeigt sich nämlich, dass alle Extremitäten der curarisirten Frösche leichter auf centrifugal in ihnen verlaufende Ströme reagiren, als auf die umgekehrt gerichteten. Um dies festzustellen, schneidet man den Frosch quer durch und bringt den einen Thierabschnitt so zwischen die Electroden, dass die eine in der Nähe der Zehen einer Extremität zu liegen kommt. Ist diese letztere Electrode die Kathode, so wirkt der Strom bedeutend stärker. Bei diesem Versuch bleibt dahin gestellt, ob die verschiedene Wirkung bei Wechsel der Stromesrichtung auf eine Eigenthümlichkeit der

Muskulatur oder auf eine solche des Stromes bezogen werden muss, da es nicht ausgeschlossen ist, dass der letztere je nach seiner Richtung verschiedene Wege einschlägt. (Das Abziehen der Haut bewirkt keine Aenderung des Resultats.)

Die gleiche Ueberlegung ist in den vielen Fällen[1]) anzustellen, wo man am unverletzten oder präparirten nicht curarisirten Thiere zwei verschiedene Bewegungen je nach der Richtung des Stromes erhält. Bei der Aufzählung der Resultate am Schluss dieser Arbeit sind (unter 6.) zwei sehr auffallende von diesen Bewegungsänderungen angeführt.

Der normale ganz freie oder auf einem Kreuz fixirte Frosch pflegt für aufsteigende Ströme empfindlicher zu sein. Doch habe ich auch oft genug das umgekehrte Verhalten beobachtet. Eine Sicherheit gewinnen die Untersuchungen erst, wenn man das Thier etwa in der Mitte des Rückenmarks halbirt hat und beide Abschnitte einzeln den Strömen aussetzt. Der Kopfabschnitt muss dann wieder antidrom, der hintere Abschnitt homodrom liegen, wenn eine Wirkung ausschliesslich in einer Richtung erfolgen soll. Dies gilt auch wieder sowohl für plötzlichen Schluss des Stromes wie für das Einschleichen in denselben.

Es erübrigt noch das Verhalten der Froschabschnitte zu erwähnen, wenn man aus beiden das Centralnervensystem sorgfältig ausgebohrt hat. Die Resultate sind dann nicht ganz constant. Zumeist fand ich einen Unterschied je nach der Art, wie ich den Strom zur Anwendung brachte, und zwar wirkte der allmählich anwachsende Strom stärker bei absteigender Richtung. Da bei dieser Richtung auch mehrfach eine dauernde Unruhe der Muskeln beobachtet wurde und da die Extremitäten der curarisirten Thiere durch die centrifugalen Ströme leichter erregt wurden, so handelt es sich auch in vorliegendem Falle vielleicht um eine directe Reizung der Muskeln. Wurde aber der Strom mit einem Telegraphentaster geschlossen, so zeigt sich meist die aufsteigende Stromesrichtung als die wirksamere. Es liegt nahe, hierfür dann die motorischen Nervenfasern verantwortlich zu machen.

Man sieht, dass bei den Fröschen sehr verwickelte Verhältnisse vorliegen. Um so wichtiger sind die einfachen und constan-

---

1) Auch Blasius u. Schweizer l. c. erwähnen solche Beobachtungen.

ten Erscheinungen bei den Froschlarven und den Fischen. Und wie lassen sich dieselben erklären? Wir müssen jedenfalls annehmen, dass die galvanischen Ströme gleichzeitig auf zwei verschiedene Körperstellen wirken und dass diese beiden Wirkungen entgegengesetzter Natur sind. Würde dies nämlich nicht der Fall sein, so wäre es unbegreiflich, wie sich die Wirkung der Ströme nach relativ so geringfügigen Eingriffen völlig umkehren kann. Man kann sich leicht vorstellen, dass ein Organ in Folge irgendwelcher Schädigungen aufhört zu functioniren, man kann aber nicht verstehen, wie durch schädliche Einflüsse ein völliger Umschlag der Wirkungsweise zu Stande kommen soll, so dass sich positive Erregung in Lähmung, und Lähmung in Erregung umwandelt. Es blieben uns als mögliche Angriffspunkte für den galvanischen Strom nur noch die sensiblen Nerven und das Centralnervensystem übrig (vergl. oben S. 617). Die ersteren verlaufen im Grossen und Ganzen im vorderen Körperabschnitt in umgekehrter Richtung wie im hinteren. Ein durch das ganze Thier der Länge nach geschickter Strom wird daher die sensibeln Nerven theils centrifugal, theils centripetal durchfliessen. Die Wirkung könnte in beiden Körperabschnitten die umgekehrte sein, bald hier bald dort, je nach den Umständen überwiegen und wir hätten also in den sensiblen Fasern Organe, welche als Angriffspunkte für den galvanischen Strom in Frage kommen könnten. Aber ich glaube, die Thatsache der lähmenden Wirkung des Stromes bei bestimmter Richtung macht es allein schon unmöglich, die sensibeln Nerven zur Erklärung heranzuziehen. So bleibt endlich nur das centrale Nervensystem übrig, welches ja auch Hermann als das in Betracht kommende Organ angesprochen hat. Dann muss dasselbe aber durch den galvanischen Strom gleichzeitig doppelsinnig d. h. positiv und negativ erregt werden. Ein Strom, welcher im hinteren Abschnitt des Centralnervensystems aufsteigt, müsste — wenn wir seine Wirkungsweise auf den hinteren Abschnitt als gegeben und feststehend betrachten — im vorderen Abschnitt ein absteigender Strom sein. Wir gelangen auf diese Weise zu der Annahme, dass es im Centralnervensystem einen Punkt von besonders centraler Natur giebt, oder, wenn wir das Bild des Auf- und Absteigens beibehalten wollen, einen „Höhepunkt", von dem aus das Nervensystem nach beiden Seiten hin abfällt. Die Versuche an den Fischen haben die Lage des Höhepunktes erkennen

lassen. Wir würden also etwa folgende Schlussfolgerungen zu ziehen haben:

1. Es giebt im Centralnervensystem einen „Höhepunkt", der dadurch characterisirt ist, dass die galvanischen Ströme, welche in der Richtung zu ihm hinfliessen (aufsteigen), erregend wirken, während die umgekehrt gerichteten Ströme (absteigenden) eine lähmende Wirkung ausüben. Dieser Höhepunkt liegt im Rückenmark etwas unterhalb des Kopfmarkes (medulla oblongata). Man kann daher zwei Abschnitte des Centralnervensystems unterscheiden: einen vorderen, welcher nach hinten hin aufsteigt, und einen hinteren, der an seinem vorderen Ende den höchsten Punkt hat.

2. Die schwächsten galvanischen Ströme wirken allein auf den vorderen Abschnitt. Dagegen überwiegen bei stärkeren Strömen die Wirkungen des hinteren Abschnitts die des vorderen.

3. Zerlegt man die Froschlarven, Fische oder Frösche durch einen Schnitt unterhalb des Kopfmarkes in zwei völlig gesonderte Theile, so wird stets der Kopftheil stärker in antidromer, der hintere Abschnitt dagegen in homodromer Lage erregt.

4. Durch stärkere Reize (Brennen, Aetzen, Abschneiden eines Theils des Körpers oder nur der Haut) wird die Erregbarkeit des betreffenden Abschnittes des Centralnervensystems herabgesetzt. Die Wirkung des anderen Abschnittes tritt dann desto deutlicher zu Tage. Wirken die schädigenden Einflüsse auf das ganze Centralnervensystem, so leidet die Erregbarkeit des vorderen Abschnittes mehr als die des hinteren, so dass dieser nun allein für die Wirkung der Ströme ausschlaggebend ist. Letzteres beobachtet man nach stärkerer galvanischer Durchströmung, bei ermüdeten und absterbenden Thieren.

5. Der Galvanotropismus befindet sich in Uebereinstimmung mit den Resultaten 2 und 4. Unversehrte Froschlarven und Fische stellen sich **antidrom** ein (entgegen den bisherigen Angaben), und erst, wenn durch die unter 4. angegebenen schädlichen Einflüsse die Wirkung des hinteren Abschnittes des Centralnervensystems überwiegt, wird der Körper in homodrome Stellung gebracht.

Es hat sich ferner ergeben:

6. Es sind gewöhnlich nicht dieselben Muskeln, welche sich bei Wechsel der Stromesrichtung zuerst bewegen. So wird z. B. der Mund des Frosches leichter bei homodromer Lage des Thieres

geöffnet. Bei querer Durchströmung des Frosches bewegen sich zuerst die Extremitäten auf der Kathodenseite und die Bauchmuskeln auf der Anodenseite.

7. Beim curarisirten Frosch werden die Extremitäten stärker durch den in ihnen absteigenden Strom erregt. Bei Durchströmung des ganzen Thieres wirkt ebenfalls zuerst der absteigende Strom.

8. Hat man einen nicht curarisirten Frosch quer durchschnitten und aus beiden Theilen das Centralnervensystem ausgebohrt, so bewegen sich beide Thierhälften bei plötzlichem Schluss des Stroms gewöhnlich in homodromer Lage etwas stärker, schleicht man aber die Präparate in den Strom ein, so pflegen in antidromer Lage die ersten Bewegungen aufzutreten.

(Aus dem physiologischen Institut zu Würzburg.)

Notiz betreffend Registrirung der Muskelspannung.

Von

Dr. **F. Schenck.**

(Mit 2 Holzschnitten.)

Die Spannungszeichner, die nach A. Fick's Vorgang zur Messung der Muskelspannung verwendet worden sind, sind meist so beschaffen, dass die Spitzen und Spitzenlager ihrer Axen in der Richtung der geometrischen Drehungsaxe stehen. Eine davon abweichende Construction hat der von Schönlein angegebene Apparat[1]), bei dem die Spitzen in ihren Lagern stehen, ebenso wie die Schneide eines Waagebalkens in dem dazu gehörigen Lager.

1) Dessen Beschreibung: dies Archiv Bd. 52. S. 108.

Es bedarf kaum der Begründung, dass bei diesem Apparate störende Reibung in der Axe sicherer ausgeschlossen ist, als bei jenen.

Bei meinen Arbeiten habe ich mich fast ausschliesslich des Schönlein'schen Apparates bedient, und an den zahlreichen Curven von isometrischen Zuckungen, die ich damit erhalten habe, eins beobachtet, das nicht mit den gewöhnlichen Angaben übereinstimmt.

Die isometrische Zuckungscurve soll nämlich auf ihrem Gipfel ein Plateau haben. Das geben unter anderen an Gad und Heymans[1]), Kohnstamm[2]); in den theoretischen Auseinandersetzungen dieser Autoren spielt das Plateau sogar eine besondere Rolle. Herr Professor Fick theilte mir mit, dass er bei Anwendung seines Spannungszeichners älterer Construction auch häufig das Plateau beobachtet habe. Ferner finde ich — um noch weitere Beispiele anzuführen — auch in den Spannungscurven, die von Kries[3]) giebt, ein ausgesprochenes Plateau.

Es war mir nun aufgefallen, dass ich bei Verwendung des neuen Apparats niemals ein deutlich ausgesprochenes Plateau auf dem Gipfel der isometrischen Curve wahrnehmen konnte.

Wodurch waren die Verschiedenheiten in den Beobachtungen bedingt?

Um diese Frage beantworten zu können, stellte ich Versuche in folgender Weise an:

Es wurde das obere Ende des Muskelpräparats mit dem neuen Apparat Schönlein's verknüpft, das untere mit dem alten Fick'schen Spannungszeichner und beide Zeichner so gestellt, dass sie gleichzeitig auf dieselbe rotirende Trommel (Fick's Cylindermyographion) zeichneten. Nun wurde der Muskel direct mit Oeffnungsinductionsströmen gereizt und die Spannungsänderung des Muskels von beiden Zeichnern registrirt.

Die umstehende Figur 1 giebt so erhaltene Curven wieder; die obere Curvengruppe von dem neuen Apparat, die untere von dem alten. Die Curven sind bei verschiedener Reizstärke erhalten, die zusammengehörigen Curven werden durch gleiche Zahlen an-

1) Du Bois' Archiv 1889. Suppl. S. 59.
2) Du Bois' Archiv 1893. S. 49.
3) Du Bois' Archiv 1892. S. 1.

gegeben. Um Verschiedenheiten der Curven, die durch die bogenförmigen Bewegungen der Zeichenspitzen bedingt sein könnten, leicht erkennen zu können, sind an einigen Stellen Ordinaten bei

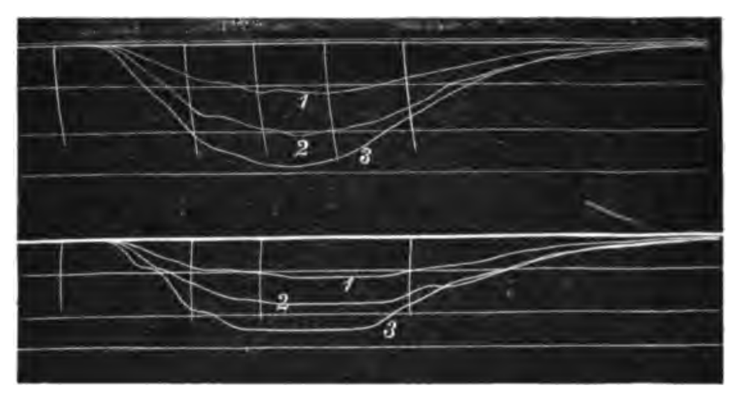


Fig. 1.

feststehender Trommel durch die Zeichner eingezeichnet worden. Die drei horizontalen durch die Curven gehenden Linien dienen als Scala des Zeichners, sie geben die Stellung der Schreibspitze bei 200, 400 und 600 gr Spannung der Feder an.

Diese, sowie noch andere Versuche haben ergeben, dass die Curven von beiden Zeichnern, die theoretisch genau mit einander übereinstimmen müssten, verschieden verlaufen. Die Verschiedenheiten betreffen vorwiegend den Gipfel, der alte Zeichner giebt immer ein Plateau, der neue nicht. Die Versuche lehren, dass die vorhin erwähnten verschiedenen Beobachtungen bedingt sind durch die verschiedenen, bei der Untersuchung zur Verwendung gekommenen Apparate.

Nun fragt sich: Welcher von beiden Apparaten giebt das treuere Bild des Verlaufs der Spannungsänderung des Muskels?

Die Antwort liegt aus dem vorhin schon erwähnten Grunde nahe: es wird der neue Apparat der bessere sein, weil er weniger Anlass zu störenden Reibungen giebt, die besonders bei hohen Spannungen auf die Bewegung der Axe des alten Apparats zweifellos hemmend wirken müssen.

Man könnte dem gegenüber nur noch Eins einwenden. Könnte die einfache Umkehr auf dem Gipfel der vom neuen Apparat gelieferten Curve nicht durch Eigenbewegung des Zeichners, durch die Schleuderung, bedingt sein?

Ich halte diese Möglichkeit für ausgeschlossen aus folgendem Grunde: Die Eigenbewegungen des Zeichners kommen in der Curve deutlich zum Ausdruck in dem wellenartigen Verlauf derselben. Man kann die Entstellung der Curve durch diese Wellen eliminiren mittels graphischer Interpolation, erhält dann aber immer noch kein Plateau auf dem Gipfel der ganzen Curve, wie es der alte Zeichner angiebt.

Ich glaube demnach zu weiteren Untersuchungen über Muskelspannung den Apparat Schönlein's besonders empfehlen zu dürfen.

Ich habe vorhin angegeben, dass auch von Kries das Plateau in der isometrischen Curve bei seinen Untersuchungen über Wechselzuckungen erhalten hat und in seinen Figuren darstellt. Zum Vergleich seiner Spannungscurven mit der von unserem neuen Apparat zu erhaltenden, habe ich einige seiner Versuche nachgemacht und mein Augenmerk auf den Verlauf der Spannung gerichtet. In der nebenstehenden Figur gebe ich eine so erhaltene

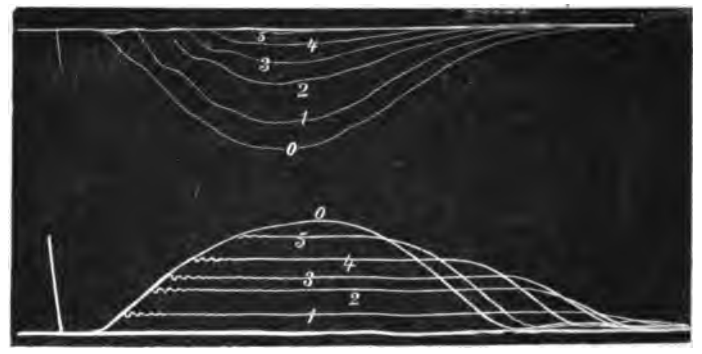


Fig. 2.

Zeichnung. Es sind das die von von Kries sogenannten Anschlagzuckungen erster Combination. Die Curvengruppe enthält ausserdem noch eine isotonische ,0 (die am höchsten hinaufgehende) von den unteren, und eine isometrische ,0 (die unterste) der oberen Gruppe. Man vergleiche damit die Figur 3 bei v. Kries [1]): der Unterschied im Verlauf der Spannungscurven liegt ohne Weiteres zu Tage.

1) a. a. O. S. 12.

Uebrigens möchte ich erwähnen, dass ich das wesentlichste Ergebniss der Untersuchung von von Kries, die Aenderung der scheinbaren Dehnbarkeit betreffend, so weit meine Beobachtungen mit dem Apparate Schönlein's reichen, bestätigen kann.

Die theoretische Bedeutung, die Gad und Kohnstamm dem Plateau bei Isometrie zugeschrieben haben, ist die: sie sehen in der Plateaubildung den Ausdruck der Verzögerung des Erschlaffungsprozesses, weil ihrer Ansicht nach bei Verzögerung des Erschlaffungsprozesses Verfrühung der Gipfelzeit (wie sie bei isometrischer Zuckung vorkommt) mit darauf folgendem Plateau oder langem plateauähnlichen Abfall der Muskelcurve eintreten muss.

Selbst wenn wir zugäben, dass dieser Fall zuträfe — in Wirklichkeit ist er nicht möglich —, so könnte derselbe doch nicht zur Erklärung der Form der isometrischen Curve herangezogen werden, weil hier das Plateau nach den Untersuchungen mit dem zuverlässigen Spannungszeichner fehlt. Es folgt hier auf den früher als bei Isotonie eintretenden Gipfel eine einfache Umkehr und ein Abfall, der an Steilheit nicht wesentlich sich unterscheidet von dem Abfall bei Isotonie. Folglich muss auch für Erklärung der Isometrie der Fall 3b[1]) von Gad und Kohnstamm herangezogen werden, nach dem verkürzte Gipfelzeit mit jähem Abfall eintritt bei beschleunigtem Erschlaffungsprozess. Damit kommen wir zu einer Auffassung, die der von mir ausgesprochenen entspricht.

1) Kohnstamm, a. a. O. S. 59.

(Aus dem physiologischen Institut zu Würzburg.)

Ein einfacher Versuch zur Demonstration des Einflusses der Spannung auf den Ablauf des Contractionsprocesses.

Von

Dr. **F. Schenck.**

(Mit 2 Holzschnitten.)

Die Anschlagzuckungen erster Combination nach v. Kries[1]), bei denen der vom Muskel bewegte isotonische Schreibhebel in einer zu variirenden Höhe gegen ein festes Lager stösst, und dadurch die weitere Aufwärtsbewegung desselben verhindert wird, eignen sich ganz besonders dazu, den Einfluss der Spannungsvermehrung auf den Ablauf des Contractionsprozesses zu demonstriren, weil die Versuchsanordnung eine sehr einfache ist und die — gleich zu beschreibenden — Erscheinungen, auf die es ankommt, leicht und sicher zu erhalten sind.

Bei der Anschlagzuckung zeichnet der Längenzeichner, während er dem festen Lager anliegt, eine gerade Linie. Man kann sich daher die Curve der Anschlagzuckung aus einer rein isotonischen so entstanden denken, dass eine der Abscissenaxe parallele Linie in der dem Anschlag entsprechenden Höhe durch das Areal der isotonischen Curve gezeichnet ,und alles, was von der isotonischen Curve über jener Linie liegt, weggedacht wird. Nach dieser Construction wird das Endstück der Anschlagzuckung, in dem der Zeichner sich wieder nach abwärts bewegt, genau mit dem zu entsprechender Zeit gezeichneten Stück der isotonischen Curve zusammenfallen. Das würde in der That zu erwarten sein, wenn der Verlauf des Contractionsprozesses nicht durch die Spannungsänderung in der Mitte der Zuckung beeinflusst würde.

1) Du Bois' Archiv 1892. S. 1.

In der Figur 2 der dieser vorangehenden Abhandlung sehen wir aber thatsächlich etwas anderes: die Endstücke der Anschlagzuckungen gehen über die isotonischen immer hinaus und zwar um so mehr, je früher der Anschlag erfolgt, je grösser also der Spannungszuwachs im Mittelstück war.

Ich habe diese Erscheinung bei den frei im Zimmer hängenden Präparaten fast immer beobachtet, nur in einem Falle fiel das Endstück ein wenig früher, als bei Isotonie. von Kries[1]) giebt freilich ein Bild, in dem diese Erscheinung nicht zu erkennen ist. Das ist indessen, wie die folgenden Betrachtungen lehren werden, nicht unerklärlich.

Nach meiner, in früheren Arbeiten begründeten Auffassung von dem Einfluss der Spannung auf die Muskelprozesse war nun zu erwarten, dass die beschriebene Erscheinung noch deutlicher auftrat, wenn man den Muskel abkühlte, dass dagegen umgekehrt das Endstück der Anschlagzuckungscurve früher fiel, als das der isotonischen, wenn man dem Muskel eine Temperatur von etwa 30° Celsius gab. Ich stellte deshalb Versuche an abgekühlten und erwärmten Muskeln an und die Versuchsergebnisse entsprachen in der That ganz meinen Erwartungen.

In den nebenstehenden Figuren gebe ich so erhaltene Curven. Beide sind von demselben Muskel gezeichnet, Fig. 1 bei 31,5°,

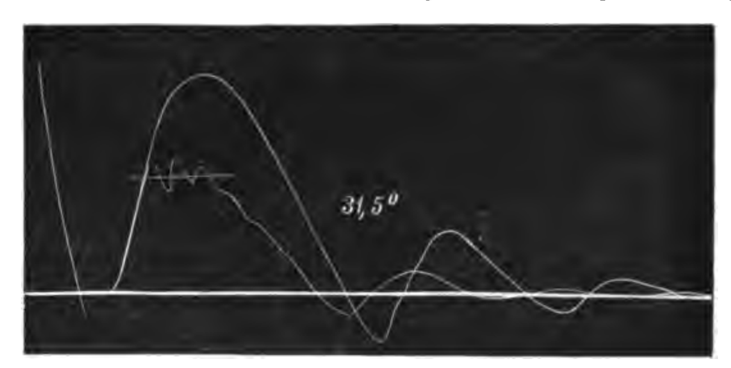


Fig. 1.

Fig. 2 bei 6°; in jeder befindet sich eine Anschlagzuckung und eine zum Vergleich gezeichnete isotonische. Die Fig. 2 bedarf keiner besonderen Erläuterungen. In Fig. 1 sind die Curven in ihren Enden erheblich durch Schleuderung entstellt. Man kann

1) a. a. O. S. 12.



Fig. 2.

aber leicht ersehen, dass eine Correctur durch graphische Interpolation an dem wesentlichen Resultate nichts ändert. Das Mittelstück ist in Folge der Erzitterung der Zeichenfeder bei dem schnellen Anschlag nicht in Form der horizontalen Geraden gezeichnet; das thut dem Erkennen der Erscheinung, auf die es uns ankommt, aber auch weiter keinen Eintrag. Die durch die wellenförmige Curve gezogene horizontale Gerade giebt die Höhe des Anschlags an.

Diese Resultate wurden immer leicht und sicher erhalten, so dass ich glaube den Versuch zu Demonstrationszwecken empfehlen zu können. Warnen möchte ich nur vor Anwendung zu hoher Temperaturen, weil da leicht während des Versuches Aenderungen in der Erregbarkeit vorkommen, die zwar nicht eine Aenderung des beschriebenen Phänomens bedingen, aber es doch so schlecht zu Stande kommen lassen, dass es sich nicht gut zur Demonstration eignet. Ich sah das, als ich einen Muskel bis zu 35° erwärmte.

Die Versuchsanordnung ist so einfach, dass sie kaum der Beschreibung bedarf. Zur Aenderung der Temperatur des Muskels wird eine der gebräuchlichen Vorrichtungen (feuchte Kammer mit hohlem Mantel zur Aufnahme des kalten oder warmen Wassers) benutzt[1]). Zu beachten ist, dass

1) Ich habe die von mir früher verwendete (dies Archiv Bd. 55. S. 166) auch hier benutzt.

der Muskel während der Registrirung mehrerer zu vergleichender Curven constante Temperatur haben muss. Als Präparat benutzte ich das Fick'sche Präparat vom Semimembranosus und Gracilis beiderseits, das in seiner ganzen Länge aufgehangen wurde. Das obere Ende des Muskels war fest, das untere bewegte den isotonischen Zeichner, der möglichst unbiegsam sein muss, damit er nicht beim Anschlag verbogen wird. Das Lager, gegen das der Zeichner anschlägt, wird dargestellt durch ein horizontal stehendes Stück, das am Muskelstativ oder an einem anderen so mit Klemmschraube angebracht ist, dass man es in beliebiger Höhe über dem Längenzeichner einstellen kann.

Wenn das Endstück der Anschlagzuckung bei hohen Temperaturen verfrüht, bei niedrigen verspätet ist, so muss es eine gewisse mittlere Temperatur geben, bei der es mit der isotonischen Curve zusammen fällt. Möglich, dass der Muskel, der die bei von Kries sich findende Zeichnung gab, gerade diese mittlere Temperatur hatte.

Vielleicht ist es zweckmässig, zum Schluss kurz die Erörterungen wiederzugeben, die an die beschriebenen Thatsachen angeknüpft werden können.

1. Da das Endstück der Anschlagzuckung nicht übereinstimmt mit dem entsprechenden Stück der isotonischen Curve, so muss die Spannung Einfluss haben auf den Verlauf des Contractionsvorgangs. Dieser Satz ist auf Grund analoger Betrachtungen zuerst von von Kries[1]) aufgestellt worden.

2. Das Endstück ist bald verfrüht, bald verspätet. Die Spannung zeigt also zwei entgegengesetzte Wirkungen auf die Dauer des Zustands der Verkürzung, eine hemmende und eine fördernde.

3. Da es nicht möglich ist, dass die Spannung zwei entgegengesetzte Wirkungen auf einen elementaren Prozess ausübt, so müssen wir uns den im Muskel sich abspielenden Vorgang zerlegt denken in mindestens zwei Phasen, auf welche die Spannung wirkt.

4. Die Wirkung auf die eine Phase äussert sich in einer Förderung, die auf die andere in einer Hemmung der Verkürzung. Der Einfluss auf die erste Phase überwiegt bei abgekühltem, der auf die zweite bei erwärmtem Muskel.

---

1) Du Bois' Archiv 1880. S. 348.

5. Auch auf den Vorgang, der die Verkürzung bedingt, nämlich die Wärmebildung hat die Spannung zwei entgegengesetzte Wirkungen, eine fördernde und eine hemmende[1]); erstere überwiegt nach Fick's Beobachtungen um so mehr, je niedriger die Temperatur des Muskels ist.

Wir müssen uns den ganzen Vorgang der Wärmebildung demnach auch in zwei Phasen zerlegt denken, auf die die Spannung entgegengesetzt wirkt.

6. Es liegt da nahe, anzunehmen, dass die Wirkung der Spannung auf die Verkürzung bedingt ist durch ihre Wirkung auf den, die Verkürzungskraft liefernden Verbrennungsprozess.

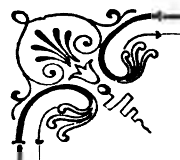
7. Indess reicht diese Annahme nicht zur Erklärung sämmtlicher Thatsachen aus, weil geringere Verkürzung nach Spannungsvermehrung auftreten kann in solchen Fällen, in denen nach myothermischen Messungen kein Ueberwiegen der hemmenden Wirkung auf die Wärmebildung statt hat. Beispielsweise geben Anschlagzuckungen bei hoher Temperatur immer das verfrühte Endstück, obwohl da nach Fick isometrische und isotonische Zuckungen durchschnittlich gleich viel Wärme liefern.

Ausser der hemmenden Wirkung auf die Wärmebildung muss die Spannung daher noch in anderer Weise eine Wirkung ausüben, die eine geringere Verkürzung zur Folge hat. Meiner Vermuthung nach beruht diese Wirkung auf der Beschleunigung des Erschlaffungsprozesses der Fick'schen Theorie.

---

1) Dies Archiv Bd. 51. S. 509.

Universitäts-Buchdruckerei von Carl Georgi in Bonn.





ARCHIV

FÜR DIE GESAMMTE

PHYSIOLOGIE

DES MENSCHEN UND DER THIERE.

HERAUSGEGEBEN

VON

Dr. E. F. W. PFLÜGER,

ORD. ÖFFENTL. PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT
UND DIRECTOR DES PHYSIOLOGISCHEN INSTITUTES ZU BONN.

FÜNFUNDFÜNFZIGSTER BAND.

ERSTES UND ZWEITES HEFT.

MIT 2 TAFELN.



BONN, 1893.
VERLAG VON EMIL STRAUSS.

Ausgegeben am 28. Juli.

Inhalt.

Universitäts-Buchdruckerei von Carl Georgi in Bonn.



